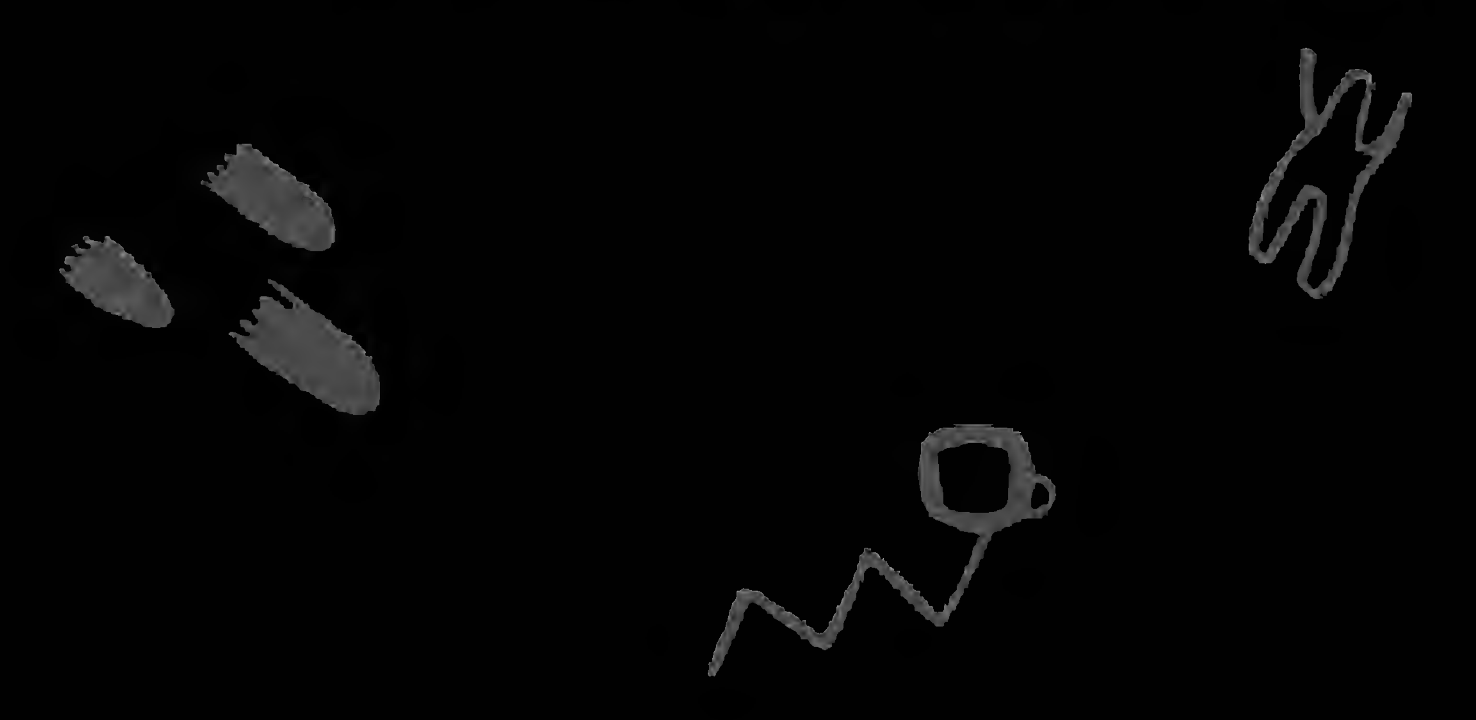
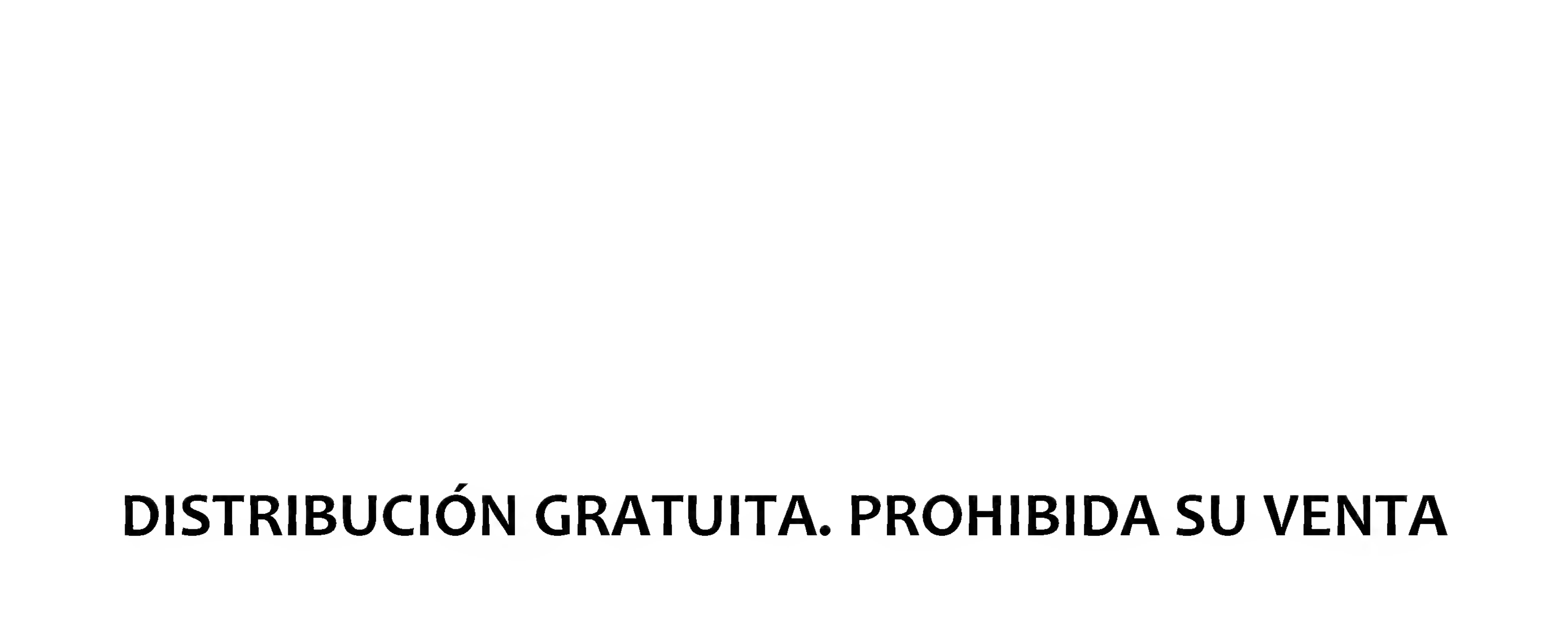
La biodiversidad en Coahuila

Estudio de Estado | Volumen II






DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



La biodiversidad en Coahuila

Estudio de Estado | Volumen II

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

La biodiversidad en Coahuila

Estudio de Estado | Volumen II





Primera edición, 2018

ISBN obra completa: 978-607-8570-00-3 CONABIO
ISBN obra completa: 978-607-9376-50-5 Secretaría de Cultura del Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza
ISBN vol. 2: 978-607-8570-05-8 CONABIO
ISBN vol. 2: 978-607-9376-54-3 Secretaría de Cultura del Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza

Coordinación y seguimiento general:
CONABIO
Andrea Cruz Angón
Karla Carolina Nájera Cordero
SMADU
Eglantina Canales Gutiérrez

Coordinación y producción editorial
Dolores Quintanilla Rodríguez[3]
Francisca Isabel Morán Rosales[3]
Karla Carolina Nájera Cordero[1]

Corrección de estilo:
Valdemar Ayala Gándara[3]
Iván Vartan Muñoz Cotera[3]
Karla Carolina Nájera Cordero[1]

Diseño y formación:
Jazmín Esparza Fuentes[3]

Fotografías de portada:
Borrego cimarrón: Santiago Gibert
Bosque de pino: Juan A. Encina
Lagartija venerable de collar: Gamaliel Castañeda Gaytán
Zacatal halófilo: Miguel Ángel Sicilia Manzo
Mojarra de Cuatro Ciénegas: Iván Montes de Oca

Cuidado de la edición:
Miguel Gaona Hernández[3]
Dolores Quintanilla Rodríguez[3]
Francisca Isabel Morán Rosales[3]
Karla Carolina Nájera Cordero[1]
Jorge Cruz Medina[1]
Diana López Higareda[1]
Erika Daniela Melgarejo[1]

Cartografía:
Leonardo Calzada Peña
Silvia Xiomara González Aldaco[2]
Jorge Cruz Medina[1]

[1]CONABIO, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad; [2]SMADU, Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Urbano del Estado de Coahuila de Zaragoza; [3]Quintanilla Ediciones

Impreso en México/Printed in Mexico

Presentación

Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza

Todos los seres vivos sostenemos una relación estrecha y directa con la madre tierra. Cada cosa que hagamos impacta en ella. Por eso no somos más que polvo cósmico cuya acción y rumbo se verá reflejado en la tierra y, de ahí, en nuestra vida, bienestar y posibilidades de desarrollo.

Debido a esta condición inherente a los seres humanos, uno de los grandes temas de nuestra época es el medio ambiente. Los cambios cada día más notorios del paisaje, la pérdida de especies, el agotamiento de las fuentes de agua, la contaminación y sus efectos negativos, han puesto en la agenda de los gobiernos locales las propuestas encaminadas a la protección del entorno y la conservación de los recursos de los cuales dependemos.

Vivimos el tiempo preciso y la oportunidad histórica de tomar las decisiones correctas y fomentar la conciencia colectiva para cuidar de mejor manera el mundo. El equilibrio de nuestro planeta depende de las medidas que adoptemos hoy como sociedad. Dimensionar la amplia diversidad, tanto de flora como de fauna silvestre de nuestro territorio, es el primer gran paso para lograrlo.

Esta obra editada en dos volúmenes es un esfuerzo científico dedicado a cumplir con tal propósito. Integra los estudios, las investigaciones y los análisis de 157 prestigiados especialistas que trabajaron arduamente durante años para dimensionar el estado actual de los recursos naturales y la amplia diversidad de flora y fauna que posee Coahuila.

En el largo devenir de la vida en el planeta, la única constante es la transformación de los ecosistemas. En nuestros tiempos somos el tercer estado más grande de la república mexicana. En 151 595 km^2 de superficie, un territorio que hace millones de años estaba sumergido en mares, tenemos majestuosas montañas en el sureste, vastas zonas de desierto y maravillas naturales como las pozas de Cuatro Ciénegas –donde habitan especies endémicas– en el centro, y sierras extraordinarias –como Maderas del Carmen– en la frontera norte.

El agua que ha emergido a la superficie por los manantiales para formar ríos y crear humedales, algunos activos y otros ya perdidos, ha dejado sus perdurables huellas en el paisaje, y recuerda la inmensidad enigmática de los océanos del Cretácico en formas de dunas o de amplios valles.

En la nueva administración del Gobierno del Estado estamos decididos a consolidar una relación de mayor coordinación entre los tres órdenes de gobierno, los poderes de la entidad, empresarios, académicos y sociedad civil, para preservar este legado natural y motivar la unidad de esfuerzos a fin de generar una conciencia sobre el deber que compartimos todos de proteger el medio ambiente, la tierra y el mundo que habitamos.

La geografía coahuilense cuenta con las condiciones climatológicas y el enorme potencial para detonar proyectos de generación de energía no contaminante y amigable con el entorno.

Sin duda, esta obra editorial que ha sido resultante del amplio conocimiento y el amor por Coahuila que une y distingue a sus autores, es un punto de partida para instrumentar políticas ambientales integrales y equitativas, congruentes con el sentido de sustentabilidad ambiental que nos conduzcan a hacer compatible el desarrollo económico, el aumento de la productividad, la generación de empleo y la superación de la pobreza, sin abandonar el cuidado del patrimonio natural.

Un producto editorial de la dimensión como el que hoy entregamos a la comunidad no hubiera sido posible sin el acompañamiento de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (conabio), en especial, de su coordinador nacional, el doctor José Sarukhán Kermez, quien una vez más nos demuestra su firme apoyo y colaboración con Coahuila para orientar acciones de gran impacto a favor del bienestar de la población.

Con la publicación de esta obra reafirmamos el compromiso de la administración pública de impulsar a Coahuila como una entidad donde se procure educar, informar y fomentar en todos los habitantes la puesta en práctica de los principios de la ética ecológica y de la responsabilidad ambiental, en aras de alcanzar una sociedad más responsable, solidaria y empática con el planeta.

Presentación

Dr. José Saruhkán Kermez
Coordinador Nacional de la CONABIO

El libro *La biodiversidad en Coahuila. Estudio de Estado*, representa el primer diagnóstico integral sobre el patrimonio natural de la entidad y es sin duda, un avance significativo para la difusión del conocimiento sobre éste y su importancia.

Esta obra es una valiosa fuente de información, confiable y actualizada, acerca de la situación de la biodiversidad en Coahuila, que las autoridades gubernamentales, los académicos, las comunidades locales, los grupos indígenas y la sociedad en general, podrán consultar y utilizar como elemento base para la toma de decisiones, diseñar estrategias de planeación y realizar nuevas investigaciones acerca de la conservación, uso sustentable de la naturaleza del estado y en beneficio del desarrollo sustentable de esta entidad.

Este Estudio de Estado es una puesta al día del grado de conocimiento y estado de conservación de la biodiversidad en Coahuila. Provee una línea base para conocer los procesos de cambio y modificación de los ecosistemas de la entidad y establecer las acciones pertinentes para asegurar su conservación y uso sustentable en el largo plazo.

Tengo la seguridad de que las instituciones locales darán continuidad a los esfuerzos para incrementar el conocimiento sobre la biodiversidad, el registro de los cambios y la identificación de las causas de tales cambios, para poder regularlas y apoyarán la difusión de esta obra; sólo de esta manera se aplicará y será de utilidad para las instituciones gubernamentales y para los habitantes de la entidad.

Agradecemos al Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza, especialmente a la Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Urbano (SMADU), antes Secretaría de Medio Ambiente de Coahuila (SEMA), y a los 157 autores pertenecientes a 32 instituciones y organizaciones estatales, nacionales e internacionales, por su compromiso y dedicación; sin ellos no hubiera sido posible la elaboración de este libro. Los felicitamos por la consumación de este gran esfuerzo.

Esta obra contribuye al cumplimiento de las actividades de instrumentación de la Estrategia Nacional sobre Biodiversidad de México y Plan de Acción 2016-2030, la cual es parte de los compromisos adquiridos por México ante el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) y es un valioso legado para el conocimiento y estado de la biodiversidad, fundamental para la valoración y conservación del capital natural de Coahuila.

Contenido

Sección x DIVERSIDAD DE ESPECIES
Hongos y plantas

Introducción

Andrea Cruz Angón y Karla Carolina Nájera Cordero

El segundo volumen de *La biodiversidad en Coahuila. Estudio de Estado* presenta la compilación más completa y actual de información sobre los tres niveles principales en los que se estudia la biodiversidad. El lector tiene a su alcance un recuento de la diversidad y riqueza fósil presente en el estado (sección VIII), la descripción de los principales ecosistemas (sección IX), grupos biológicos (sección X) y algunas experiencias en el conocimiento de la diversidad genética en la entidad (sección XII).

En la presente introducción se abordan algunos conceptos básicos que serán de utilidad para facilitar la lectura de este volumen. Estos conceptos son presentados en el orden en el que son tratados, es decir: ecosistemas, especies y genes.

¿Cómo se definen los ecosistemas?

El término "ecosistema" es la contracción de sistema ecológico, y fue acuñado por Sir Arthur Tansley (Hutchings *et al.* 2012). Tansley utilizó este término para integrar en un mismo "sistema" tanto a los elementos bióticos que interactúan en un ambiente dado, como a los factores físicos que los afectan (Tansley 1935). Este concepto se estableció como una aproximación teórica para entender los sistemas "naturales" altamente complejos. No obstante, el término "ecosistema" continúa siendo ampliamente discutido (Gignoux *et al.* 2011) y las aproximaciones teóricas son amplias y variadas.

El Convenio de Diversidad Biológica (CDB 1992) establece que los ecosistemas son: "Un complejo dinámico de comunidades vegetales, animales y de microorganismos y su medio no viviente que interactúan como una unidad funcional". Ésta es una definición relativamente sencilla y que ha sido aprobada por las 196 partes firmantes del Convenio.

Como una aproximación al conocimiento de la diversidad de ecosistemas de Coahuila, en la sección IX de este volumen el lector encontrará descripciones de los seis tipos de vegetación registrados en la entidad y su composición florística. En sentido estricto, un tipo de vegetación no es un ecosistema, ya que, como se mencionó anteriormente, este último integra tanto a los elementos bióticos (plantas, animales, hongos y microrganismos) presentes en un lugar y tiempo determinados, como sus interacciones y los fac-

---

Cruz-Angón, A. y K. Nájera-Cordero. 2018. Introducción. En: *La biodiversidad en Coahuila. Estudio de Estado*, vol. II. CONABIO/ Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza, México, pp. 21-27.

tores abióticos que influyen en él. Sin embargo, los tipos de vegetación han sido utilizados como buenos descriptores generales de los ecosistemas (Begon *et al.* 2006).

¿Qué son las especies?

La especie es el nivel más conocido de la biodiversidad y es la unidad básica de la clasificación taxonómica (Levin 1979, Mayden 1997). Debido a la amplia gama de formas en las que se expresa la vida en la Tierra, es muy difícil establecer un concepto universal de especie. Por ejemplo, para definir a los organismos eucariontes (aquellos cuyas células poseen un núcleo delimitado por membranas) se han identificado al menos 22 conceptos distintos de "especie" (Rosselló-Mora y Amann 2001).

Existen conceptos de especie de acuerdo con el enfoque disciplinario con el que se trabaje (Perfectti 2002): el biológico (Mayr 1942), el evolutivo (Simpson 1961, Wiley 1981, Templeton 1989), el filogenético (Cracraft 1989) y el ecológico, entre otros (Mayden 1997, Brent 1999).

Una definición común del término "especie" es la propuesta por Mayr (1942), que indica que son grupos de poblaciones que se entrecruzan y tienen descendencia fértil, que comparten una serie de rasgos distintivos y que evolucionan de forma separada de otros grupos (concepto biológico de especie). Sin embargo, esta definición no toma en cuenta a las especies que no tienen reproducción sexual, como muchos microorganismos (bacterias y otros).

Existen algunos criterios que cumplen casi todas las definiciones modernas de especie, entre los que se encuentran: 1) la presencia de un ancestro común, es decir, que los miembros de una misma especie deben compartir una población ancestral común; 2) la especie debe ser el grupo más pequeño distinguible de organismos que comparten patrones de ascendencia y descendencia, y 3) deben compartir una comunidad reproductora que excluya a otras especies (Hickman *et al.* 2006).

Curiosamente el artículo 2° del CDB, donde se indican los términos utilizados en este convenio, no establece entre sus definiciones el concepto "especie", aunque sí incluye el de "especie domesticada o cultivada", que se refiere a aquellas en cuyo proceso de evolución han influido los seres humanos para satisfacer sus propias necesidades (CDB 1992).

Los seres vivos y las maneras de clasificarlos

La ciencia biológica utiliza un sistema de clasificación para todos los seres vivos, el cual fue desarrollado por Carlos Linneo (1707-1758). Este médico y naturalista sueco se encargó de describir, catalogar y clasificar más de 500 especies vegetales y 4 000 animales mediante un sistema jerárquico binomial para nombrar a las especies, a través de un género y un epíteto específico o especie (figura 1). Además este sistema está conformado por siete categorías jerárquicas principales y varias subcategorías incluyentes: 1) Reino, 2) *Phyllum* o División, 3) Clase, 4) Orden, 5) Familia, 6) Género y 7) Especie. La ventaja de este sistema es que evita confusiones que pueden darse al utilizar nombres comunes, ya que éstos pueden variar de acuerdo al lugar, la cultura y el idioma.

En la presente obra *La biodiversidad en Coahuila. Estudio de Estado* los autores hicieron un esfuerzo para utilizar tanto la nomenclatura científica (sistema binomial) como el nombre común de las especies, con el fin de facilitar la identificación de los organismos a los lectores no familiarizados con textos técnicos.

Clasificación taxonómica		
Reino	Plantae	Animalia
Phyllum o División	Magnoliophyta	Craniata
Subphyllum	-	Vertebrata
Clase	Liliopsida	Reptilia
Subclase	-	Lepidosaura
Orden	Asparagales	Squamata
Familia	Asparagaceae	Phrynosomatidae
Género	*Agave*	*Uma*
Especie	*victoriae-reginae*	*exsul*
Autoridad taxonómica	T. Moore 1875	Schmidt & Bogert 1947

Figura 1. Clasificación taxonómica de dos especies que se distribuyen en Coahuila. El agave victoria o maguey noa (*Agave victoriae-reginae*) es una cactácea endémica de México a la que se la han dedicado muchos esfuerzos de conservación, por estar catalogada en peligro de extinción en la NOM-059-SEMARNAT-2010. La lagartija (*Uma exsul*) es endémica a México y a Coahuila, se considera en peligro de extinción en la NOM-059 y en la UICN. Fotos: Francisco Valdés Reyna (agave) y Archivo fotográfico SMADU (lagartija).

Diversidad biológica en México

La biodiversidad es definida como toda la variedad de plantas, animales, hongos, protozoarios y bacterias, así como los diversos ecosistemas donde dichas especies habitan e interactúan y la variabilidad genética que éstas poseen (CDB 1992). Se ha reconocido que 17 países poseen una biodiversidad de alrededor de 70% de las especies conocidas en el planeta, es decir, son megadiversos. Estos países son Australia, Brasil, China, Colombia, Congo, Ecuador, Estados Unidos, Filipinas, India, Indonesia, Malasia, Madagascar, México, Perú, Papua-Nueva Guinea, Sudáfrica y Venezuela (Mittermeier *et al.* 1997).

México contiene entre 10 y 12% de las especies conocidas (cuadro 1), a pesar de que su superficie representa tan sólo 1.5% del área terrestre del mundo (CONABIO 2006, Sarukhán *et al.* 2009). Según el grupo que se trate, entre nueve y 60% de las especies registradas en el país son endémicas (únicas) a su territorio (Sarukhán *et al.* 2009).

Diversidad de especies

En la sección x de este volumen se describe la diversidad de especies presente en Coahuila para los principales grupos biológicos: hongos, plantas, invertebrados y vertebrados. Se incluyen varios estudios de caso que dan cuenta de la diversidad de algunos grupos en sitios particulares del estado, entre otros temas.

La fuente de información sobre las especies reportadas en Coahuila fue el conjunto de datos recabados por los más de 90 investigadores de las diferentes instituciones que colaboraron en la presente obra. El número de especies reportado para la entidad es de 3 222 (cuadros 1 y 2),

Cuadro 1. Comparativo de la diversidad de algunos organismos en Coahuila respecto al total nacional.

Grupo	México[1]	Coahuila[1]	Coahuila[2]	Coahuila con respecto al total nacional (%)
Hongos	7 000	ND	423	6.0
Helechos y plantas afines (Pteridofitas)	1 067	88	9	1.0
Gimnospermas	150	29	39	26.0
Angiospermas	21 015	1 259	1 684	8.0
Artrópodos	36 209	975	279	0.8
Peces	2 692	44	87	3.2
Anfibios	361	22	24	6.6
Reptiles	804	101	122	15.2
Aves	1 096	262	429	39.1
Mamíferos	535	112	126	23.6
Totales	**70 929**	**2 892**	**3 222**	**4.54**

ND: no determinado. Fuente: elaboración propia con base en Llorente-Bousquets y Ocegueda 2008,[1] apéndices correspondientes a cada grupo biológico en esta obra.[2]

Cuadro 2. Número de familias, géneros y especies registradas en esta obra.

Grupo	Familias	Géneros	Especies	Apéndices
Hongos	92	227	423	6
Helechos y afines	6	7	9	7, 13
Gimnospermas	3	11	39	12
Angiospermas	93	554	1 684	7, 8, 9, 10, 11, 13, 14
Artrópodos*	89	176	279	14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22
Peces	15	40	87	23
Anfibios	9	16	24	24
Reptiles	18	48	122	25, 29
Aves	65	236	429	26, 27, 29
Mamíferos	25	69	126	28, 29, 30

*Para este grupo se reportan más especies de las que pudieron ser identificadas hasta epíteto específico.
Fuente: elaboración propia a partir de los apéndices correspondientes a cada grupo biológico en esta obra (excepto 2, 3, 4 y 5).

Cuadro 3. Número de especies en Coahuila reportadas bajo alguna categoría de protección en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Grupo	Protección especial	Amenazada	Peligro de extinción	Extinta
Hongos	-	2	-	-
Gimnospermas	4	1	3	-
Angiospermas	32	20	6	-
Peces	2	23	15	2
Anfibios	5	1	-	-
Reptiles	19	27	3	-
Aves	29	10	13	-
Mamíferos	3	8	9	-
Totales	**94**	**92**	**49**	**-**

Fuente: elaboración propia con datos de los apéndices correspondientes a cada grupo biológico en esta obra.

y todos los registros fueron revisados y validados mediante la plataforma digital Enciclovida (CONABIO 2017) que integra información del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB).

En esta compilación se obtuvo información importante sobra las especies que están reportadas en la NOM-059 (SEMARNAT 2010). En total se contabilizaron 237 especies (cuadro 3), lo que corresponde a 7.3% del total en el estado, y las

angiospermas y las aves son los grupos biológicos con más especies enlistadas bajo alguna categoría de protección. Es de subrayar que en Coahuila se registran dos especies de peces en la categoría de probablemente extinta en medio silvestre en la norma mexicana, y tres más en la Lista Roja de la UICN.

Diversidad genética

La sobrevivencia de las especies ante cambios drásticos del medio ambiente depende en gran parte de qué tan diversas genéticamente sean sus poblaciones (UNESCO 2015). La información capaz de asegurar la permanencia de los seres vivos a través del tiempo está contenida en los genes de cada individuo; ésta es la base para que la selección natural actúe y la evolución suceda. En la sección XI de este volumen, el lector podrá encontrar algunos casos de estudio sobre la diversidad genética de plantas y animales importantes económica y culturalmente, como el sotol (*Dasylirion* sp.), la lobina negra de Cuatro Ciénegas y los maíces nativos.

Los ejemplos documentados en esta sección son pocos en comparación con la enorme biodiversidad del estado. Lo anterior resalta la necesidad de incrementar el número de científicos dedicados al conocimiento de la diversidad genética de las especies locales y la infraestructura para estudiarla, con la finalidad de proponer acciones para conservar y usar sustentablemente el acervo genético de tales especies.

La información contenida en este volumen es una "fotografía instantánea" de la diversidad biológica de Coahuila. Los esfuerzos futuros de revisión y actualización de la misma deben ser considerados para seguir otorgando bases sólidas para la población y los tomadores de decisiones, con el fin de que puedan sustentar mejor sus opiniones y acciones.

Referencias

Begon, M., C.R. Townsend y J.L. Harper. 2006. *Ecology from individuals to ecosystems*. Blackwell Publishing, Inglaterra.

Brent, D. 1999. Getting rid of species? En: *Species: new interdisciplinary essays*. R. Wilson (ed.). MIT Press, Bradford Book, Massachusetts, pp. 307-315.

CDB. Convenio sobre la Diversidad Biológica. 1992. En: <*http://www.cbd.int/convention/articles/?a=cbd-02*>, última consulta: 17 de febrero de 2016.

CONABIO. Comisión Nacional para la Conservación y Uso de la Biodiversidad. 2006. *Capital natural y bienestar social*. CONABIO, México.

——. 2017. Plataforma digital Enciclovida. En:<*http://enciclovida.mx/*>, última consulta: septiembre de 2017.

Cracraft, J. 1989. Speciation and its ontology: the empirical consequences of alternative species concepts for understanding patterns and processes of diferentiation. En: *Speciation and its consequences*. D. Otte y J.A. Endler (eds.). Sinauer, Sunderland, pp. 28-59.

Gignoux, J., I.D. Davies, S.R. Flint y J.D. Zucker. 2011. The ecosystem in practice: interest and problems of an old definition for constructing ecological models. *Ecosystems* 14:1039-1054.

Hickman, P.C., L.S. Roberts y A. Larson. 2006. *Integrated principles of zoology*. McGrawHill, España.

Hutchings, M.J., D.J. Gibson, R.D. Bardgett *et al.* 2012. Tansley's vision for Journal of Ecology, and a Centenary Celebration. *Journal of Ecology* 100:1-5.

Levin, D.A. 1979. The nature of plant species. *Science* 204:381-384.

Llorente-Bousquets, J. y S. Ocegueda. 2008. Estado del conocimiento de la biota. En: *Capital natural de México, vol. I: conocimiento actual de la biodiversidad*. CONABIO, México, pp. 283-322.

Mayr, E. 1942. *Systematics and the origin of species from the viewpoint of a zoologist*. Columbia University Press, Nueva York.

Mayden, R.L. 1997. A hierarchy of species concepts: the denouement in the saga of the species problem. En: *Species: the units of biodiversity*. M.F. Hawah y M.R. Wilson (eds.). Chapman and Hall, Londres.

Mittermeier, R., C. Goettsch y P. Robles Gil. 1997. Megadiversidad. Los países biológicamente más ricos del mundo. CEMEX, México.

Perfectti, F. 2002. Especiación: modos y mecanismos. En: *Evolución: la base de la biología*. M. Soler (ed.). Proyecto Sur de Ediciones, S.L., España.

Rosselló-Mora, R. y R. Amann. 2001. The species concept for prokaryotes. FEMS *Microbiological Reviews* 25:39-67.

Sarukhán, J., P. Koleff, J. Carabias *et al.* 2009. *Capital natural de México. Síntesis: conocimiento actual, evaluación y perspectivas de sustentabilidad*. CONABIO, México.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.

Simpson, G.G. 1961. *Principles of animal taxonomy*. Columbia University Press, Nueva York.

Tansley, A.G. 1935. The use and abuse of vegetational concepts and terms. *Ecology* 16:284-307.

Templeton, A.R. 1989. The meaning of species and speciation: a genetic perspective. En: *Speciation and its consequences*. D. Otte y J.A. Endler (eds.). Sinauer, Sunderland, pp. 3-27.

UNESCO. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. 2015. Thesaurus. En: <*www.unesco.org*>, última consulta: 22 de febrero de 2016.

Wiley, E.O. 1981. *Phylogenetics. The theory and practice of phylogenetic systematics*. Wiley-Liss, Nueva York.

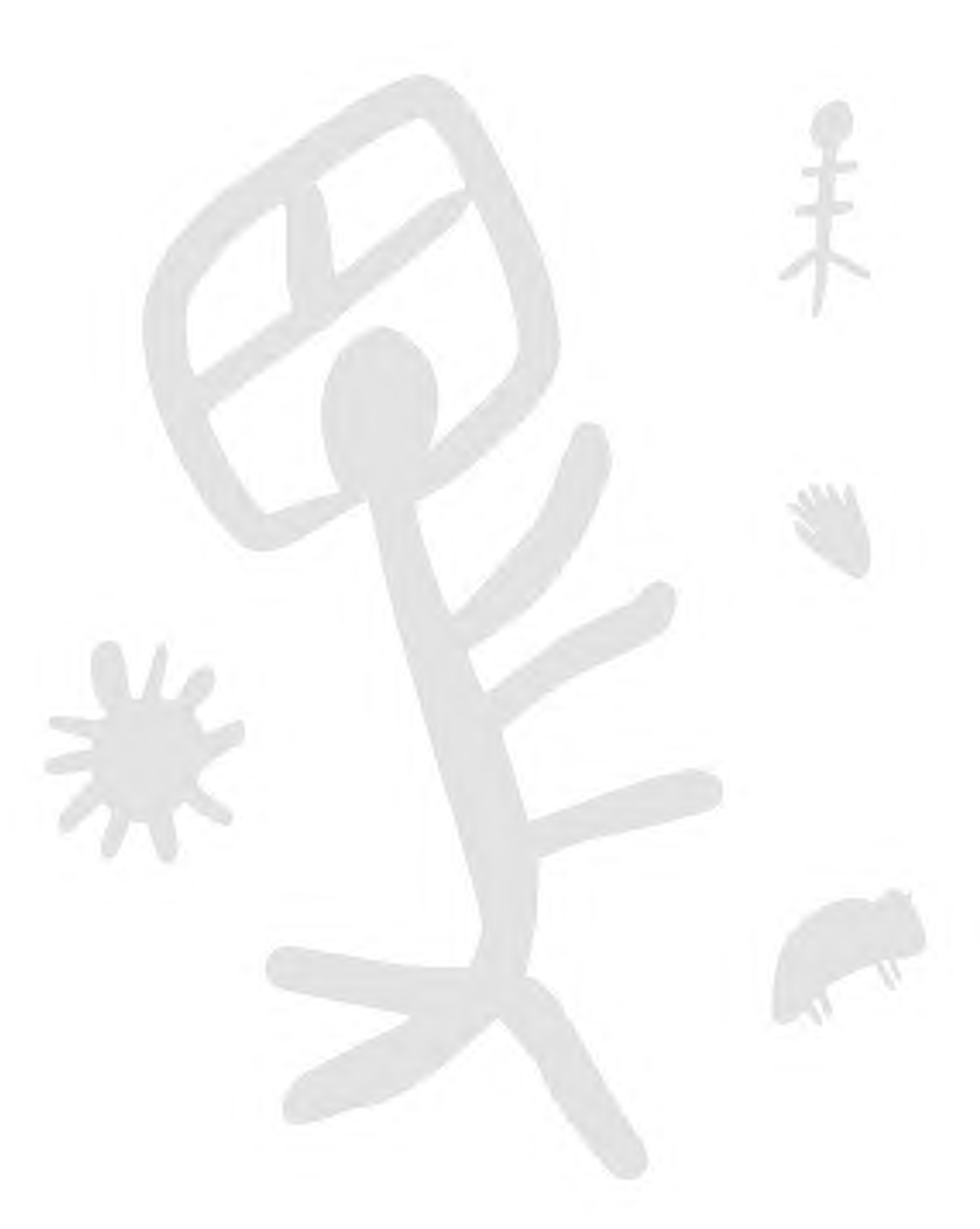




SECCIÓN VIII.
DIVERSIDAD DEL PASADO







Resumen ejecutivo

Francisca Isabel Morán Rosales

Quien conoce las vastas y desérticas llanuras de Coahuila y las numerosas sierras que lo cruzan en distintas direcciones, difícilmente imagina que hace 286 millones de años (m.a.), en algunas épocas alternaron, y en otras coexistieron, ambientes continentales y marinos.

En el Cretácico, hace 72 m.a., el territorio estaba surcado por numerosos ríos que desembocaban en una costa, donde se mezclaban el agua dulce de los ríos y el agua salada de un mar poco profundo; el clima era cálido-húmedo y la vegetación de tipo arbustiva, exuberante y diversa.

Las condiciones eran adecuadas para que prosperara una diversidad de organismos marinos y terrestres y, posteriormente, también lo fueron para que se fosilizarán abundantes restos de plantas y animales: ammonites gigantes, almejas, cangrejos, calamares, invertebrados, peces, reptiles marinos y otros voladores, dinosaurios, aves y, en tiempos más recientes, seres humanos que dejaron sus huellas durante la Edad de Hielo.

La mayoría de estos fósiles pertenecen a especies que se extinguieron a lo largo de la historia geológica y evolutiva, lo que denota que, desde que la vida existe en el planeta, siempre ha sido diversa y ha evolucionado desde formas sencillas hasta las actuales y más complejas.

Numerosos grupos de organismos fósiles se han descubierto en el estado y, sin duda, los más conocidos son los dinosaurios; por ello Coahuila es conocido como "tierra de dinosaurios". Para el 2017 se han descrito 13 géneros en la entidad, de los cuales cuatro son registros únicos en el mundo, como por ejemplo los restos de un juvenil *Velafrons coahuilensis* que llegó a medir 6 m de largo, y el *Coahuilaceratops magnacuerna* que medía alrededor de 6 m y pesaba 14 toneladas.

La búsqueda, descubrimiento, preparación e identificación de fósiles permite no sólo determinar el periodo en que vivieron los organismos fosilizados, sino cómo eran los ambientes y el clima en que habitaron, e incluso deducir su conducta y estrategias de sobrevivencia y, en algunos casos, determinar cómo murieron. Tal es el caso de algunas almejas y peces que fallecieron al tratar de cruzar un mar de la muerte que existió en donde actualmente se encuentra el municipio de Múzquiz, lo que los convirtió en verdaderos tesoros paleontológicos.

El estudio de la paleontología en Coahuila se inició hace poco más de 100 años, con el des-

Morán Rosales, F.I. 2018. Resumen ejecutivo. Diversidad del pasado. En: *La biodiversidad en Coahuila. Estudio de Estado*, vol. II. CONABIO/Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza, México, pp. 31-32.

cubrimiento de un fósil de dinosaurio en el municipio de Sierra Mojada. Se realizaron estudios posteriores por parte de equipos de extranjeros y, a finales de la década de los setenta y de forma intermitente, también empezaron a trabajar en el estado equipos de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

En el 2000, con la creación del Museo del Desierto, el estudio paleontológico no sólo se profesionalizó en Coahuila, sino que adquirió un gran dinamismo a través de la colaboración con equipos de diversos países, sin dejar de lado la invaluable participación de los paleontólogos aficionados.

Los siete capítulos que conforman esta sección son producto de la labor realizada entre paleontólogos nacionales y extranjeros, profesionales y amateurs. Se describe desde cómo se deben buscar los fósiles y la importancia de que sean depositados en colecciones públicas, hasta los últimos descubrimientos que se han realizado en el estado.

En los capítulos de esta sección también se expone la problemática legal que afrontan los paleontólogos para desarrollar sus investigaciones, y las actividades humanas que amenazan con la extinción, esta vez definitiva, de los fósiles, que constituyen el testimonio de la biodiversidad del pasado.

Por esta razón es necesario que el estudio de la paleontología en Coahuila se sostenga y se incremente, al dar el apoyo que permita aumentar este valioso conocimiento que ayuda a entender la biodiversidad actual.

La ciencia de la paleontología y el conocimiento de la vida pasada

Wolfgang Stinnesbeck, Héctor Eduardo Rivera Sylva, José Manuel Padilla Gutiérrez y Arturo Homero González González

Introducción

Para finales del siglo XVII, la paleontología se instituyó como la disciplina que se encarga de estudiar el registro fósil, con el objeto de entender y reconstruir la historia de la vida del planeta (Parker y Bernor 1990). Etimológicamente, la palabra paleontología está formada por tres raíces griegas: *palaios* = antiguo, *ontos* = ser y *logos* = estudio. En conjunto, significa literalmente "el estudio de los seres antiguos", a través de los fósiles (Benton y Harper 1997).

El término "fósil" viene del latín *fossilium*, que significa "cosa enterrada". Se trata de restos o trazas petrificadas de organismos tales como cuerpos completos, estructuras óseas, fragmentos de piel muy gruesa, tallos de plantas, huellas, coprolitos (excremento), etc. Éstos provienen de un pasado tan remoto en el tiempo, que ni siquiera existían los continentes como se conocen actualmente.

Los fósiles ayudan a descifrar y entender lo que ha pasado en la historia de la Tierra, y sitúan en un marco temporal un determinado evento. La mayoría son de tamaño microscópico y sólo son reconocibles con métodos de amplificación óptica y con técnicas especiales de preparación. Sin embargo, su abundancia puede ser de tal magnitud, que llegan a constituir la mayor parte o incluso la totalidad de una roca sedimentaria y, por medio de su adición gradual, hasta sierras enteras (Stanley y Luczaj 2014).

La forma en la que se preservan estos restos depende en gran medida de los cambios químicos que sufren, y que resultan en su eventual petrificación a lo largo de miles y millones de años, desde su enterramiento en el sedimento hasta su hallazgo o rescate en la actualidad.

En este proceso de petrificación, por ejemplo en el caso de una almeja, se pierde al inicio la sustancia orgánica de las partes blandas, a través de la putrefacción. Son pocos los sitios y sustratos donde se preservan los tejidos blandos de organismos, por lo que se consideran una "joya paleontológica" (Stinnesbeck *et al.* 2005, Frey *et al.* 2006, Riquelme *et al.* 2013; véase Tesoros Paleontológicos: la increíble evidencia en las canteras laminares y el mar de la muerte, en esta misma obra). Sin embargo, por lo general, sólo se preservan las partes duras (conchas y huesos). Aun así, es muy frecuente que las sustancias

---

Stinnesbeck, W., H.E. Rivera-Sylva, J.M. Padilla Gutiérrez y A.H. González González. 2018. La ciencia de la paleontología y el conocimiento de la vida pasada. En: *La biodiversidad en Coahuila. Estudio de Estado*, vol. II. CONABIO/Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza, México, pp. 33-38.

originales de las partes duras sean reemplazadas por otros materiales, o que sólo se preserven las impresiones internas y externas de las mismas, que reciben el nombre de “moldes”. En las rocas lutitas y margas, estas impresiones fueron deformadas por la presión del peso de las rocas que se localizaban por encima, y de las fuerzas tectónicas durante la formación de la Sierra Madre Oriental.

La región de Coahuila, igual que todo el noreste de México, es muy rica en fósiles. En muchas partes de las regiones montañosas se localizan testigos del pasado lejano del planeta, que permiten tener una idea de la vida que existió en los antiguos océanos y en los continentes de tiempos remotos. Por medio de deducciones, estos restos de vida permiten entender y reconstruir el pasado, desde sus condiciones ambientales y ecológicas hasta las climáticas.

Los fósiles y el tiempo geológico

Las rocas sedimentarias se forman de partículas de rocas más antiguas, que se desprenden por la actividad erosiva del agua y del viento, o por cambios de la temperatura, proceso que se llama “intemperismo”. Estas pequeñas partículas de grava, arena o lodo son transportadas y, posteriormente, depositadas en el fondo de los ríos, lagos o del mar. Ahí se forman capas en donde el sedimento más antiguo se encuentra abajo y el último en depositarse forma la superficie del paquete. Junto con las partículas sedimentarias quedan sepultados animales vivos y muertos.

De acuerdo a la teoría de la evolución, las especies actuales se desarrollaron a través de cambios morfológicos paulatinos a partir de antiguas y sencillas formas de vida, que en última instancia proceden de una primera “célula madre” que se formó hace aproximadamente 3 500 m.a.

Esta teoría de la descendencia y del desarrollo gradual de los organismos fue formulada por Carlos Darwin a mediados del siglo XIX y ha sido refinada y ampliada con nueva información. Los conocimientos recientes han apoyado el concepto original de Darwin, según el cual la vida ha cambiado a través del tiempo y las especies más antiguas son ancestros y dieron raíz a las actuales especies.

La mayoría de los fósiles pertenecen a especies que no existen en la actualidad, lo que indica que la diversidad de formas vivas ha cambiado a lo largo de la historia del planeta. Al analizar un perfil de rocas sedimentarias de arriba a abajo, en las capas más bajas –y por lo tanto, las más antiguas–, se puede observar cómo cambia la composición de fósiles de formas de vida más sencillas a las complejas formas de vida actual (Stanley y Luczaj 2014).

En el caso de la historia de la Tierra, estos acontecimientos sucedieron hace miles, millones y hasta algunos miles de millones de años. Para lograr una mejor comprensión de los lapsos de tiempo mencionados, se puede hacer, de forma similar a un calendario anual, una subdivisión del tiempo para obtener un calendario geológico (figura 1), en el que las rocas representan sus páginas. Algunas de estas páginas no son legibles, otras se perdieron, y otras más no están ordenadas cronológicamente.

El concepto de la “sucesión de fósiles” es utilizado en la bioestratigrafía y es muy usado por los geólogos para determinar las edades relativas de las rocas (Gradstein 2012). Los fósiles no caracterizan la edad absoluta de las rocas en donde se localizan, sino que permiten una datación relativa de las capas en un calendario establecido por los mismos geólogos (Gradstein 2012).

Cada uno de estos periodos geológicos está caracterizado por fauna y flora típica. En ellas existen especies de animales y plantas que destacan por su abundancia, su gran distribución geográfica y su desarrollo evolutivo rápido (Gradstein 2012). Estos “fósiles guía” o “fósiles índice” permiten la distinción de periodos específicos de tiempo geológico.



Figura 1. Tabla geológica en millones de años (m.a.). Ilustración: Pedro García.

La situación de la paleontología en México y en la entidad

En México y en Coahuila la labor de aficionados y de profesionales debe ser regulada por una normatividad acorde a la realidad de esta disciplina científica. Desde su adición al artículo 86 bis de la Ley Nacional de Monumentos y Zonas Arqueológicas, en 1986, la legislación sobre la paleontología está en un proceso de desarrollo, por lo que todavía no se adecúa a las necesidades de la propia disciplina y del país. Actividades agrícolas, mineras e industriales actualmente deterioran el territorio, y destruyen yacimientos fosilíferos de una importancia científica relevante.

La instancia gubernamental responsable de la protección de este patrimonio es el Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH). Esta institución tiene pendiente generar un reglamento específico que regule las actividades paleontológicas, y en tanto utiliza el Reglamento de la Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticos e Históricos (Congreso de la Unión 1993), generado y pensado para la disciplina arqueológica.

Quienes trabajan y forman parte de la comunidad paleontológica del país consideran que, dentro de la legislación pendiente de realizarse, se debe incluir claramente que los fósiles están conformados por los restos, pistas, moldes y demás evidencia que se preservó por distintos procesos geológicos y remite a seres vivos y sus ecosistemas.

Al añadir este concepto, es vital incluir que el estudio y comprensión de estas evidencias compete principalmente a biólogos, geólogos y paleontólogos. Los fósiles no deben ser categorizados, clasificados y tratados como bienes culturales. Estos son un patrimonio natural, que permite a los científicos de las ciencias de la Tierra y las ciencias de la vida, entender el proceso de evolución de las especies.

Debido a este vacío legislativo, las decisiones fundamentales sobre el estudio y la conservación de importantes yacimientos con fósiles se han dejado en manos de arqueólogos, con poca experiencia en estas muestras (García-Barcena *et al.* 1995). Para la entidad hay algunos casos de interés, que se mencionan brevemente y que se considera que deben tener atención.

Canteras laminares fosilíferas en Coahuila y Nuevo León

Los fósiles que frecuentemente aparecen en las numerosas canteras ubicadas en el norte de Coahuila y Nuevo León, son exportados y comercializados en los Estados Unidos, como lajas para fachadas y pisos en la construcción de casas, y sin aplicar normatividad alguna. Estas lajas contienen verdaderas joyas paleontológicas (veáse Tesoros paleontológicos: la increíble evidencia en las canteras laminares y el mar de la muerte, en esta misma obra) y ha sido más fácil en Estados Unidos conseguir y estudiar los fósiles que contienen estas rocas, que obtener los permisos correspondientes en México.

El principal problema que enfrentan los científicos al repatriar algunas de estas rocas, es la imposibilidad de acreditar, ante las autoridades del INAH, el complejo origen de estos fósiles, por lo que su transporte se convierte en un acto ilícito grave, ya que las lajas importadas no provienen de un proyecto de investigación al que el INAH haya dado el permiso correspondiente, sino de un evento de rescate de lajas comercializadas.

Carbón coahuilense

Los famosos yacimientos de carbón de Coahuila, que representan 98% del carbón mineral del país, están conformados por restos de seres que habitaron cerca de ciénegas y pantanos.

Esta evidencia fósil se ubica ahora en las capas de roca que diariamente se extraen por toneladas, para nutrir las turbinas que cubren la demanda de las plantas eléctricas del norte del país. Igual que en el caso de las calizas laminares, es claro que no se puede detener la extracción de este mineral, pero sí se debe fomentar su estudio para comprender su formación y características, lo cual brinda los datos necesarios para planear y aprovechar correctamente este recurso energético.

Canteras de dinosaurios

Las capas de rocas que contienen a los famosos dinosaurios de Coahuila, son las mismas que todos los días, de forma legal, se dinamitan, trituran y muelen para obtener cemento, grava y arena usados en la construcción.

Sin embargo, un geólogo o paleontólogo que visite estas canteras para efectuar un muestreo de rocas, requiere de un permiso explicito por parte del INAH, para no incurrir en un delito. De esta manera se sanciona y limita el estudio científico que realizan universidades y museos, por parte de la institución normativa que debiera apoyar la investigación y la preservación de los fósiles, al menos de los más emblemáticos y de mayor importancia científica.

Conclusión

Como es posible observar en los casos mencionados, y al no contar con una reglamentación específica para la actividad paleontológica, la legislación de la arqueología –aplicada discrecionalmente a la paleontología– tiene huecos tanto en procedimientos como en aspectos científicos, que deberían quedar reflejados en los instrumentos legales. Es fácil revisar cómo menos de 10% de los trabajos publicados sobre paleontología en México, cuentan con las autorizaciones que se exigen a instituciones de investigación como el Museo del Desierto.

La flora y fauna del pasado son los eslabones de una cadena que permite entender la diversidad de especies actuales en el planeta. La fauna ancestral debe ser recuperada, estudiada, restaurada y difundida a través de los métodos y descripciones convencionales que dicta la nomenclatura zoológica internacional. De esta manera las publicaciones de los especialistas permiten y garantizan que los fósiles sean expuestos responsablemente en los museos de ciencias, recintos especializados que salvaguardan este patrimonio.

A través del trabajo de estos especialistas, una piedra cualquiera en apariencia se puede convertir en una pieza patrimonial. Los museos sobre ciencias de la vida o de la Tierra son espacios necesarios para mostrar este conocimiento, al fomentar y permitir el acceso de científicos a las colecciones, para que sean estudiadas.

La tarea de investigar, conservar y difundir este patrimonio debe estar regida por normas y procedimientos perfectamente claros, enmarcados en una ley específica que permita, a quien realiza esta actividad, efectuarla dentro de un marco legal. Al igual que muchos otros asuntos en la agenda del país, éste es un tema urgente que merece atención.

Sólo en el pasado se pueden encontrar las claves para entender y proyectar un futuro inteligente, y en materia de paleontología se requiere la discusión colegiada y respetuosa. Es necesaria la formación de una instancia presidida imparcialmente por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) junto con la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) y el INAH –además de otras dependencias de gobierno involucradas con la paleontología, así como universidades, museos y sociedad civil organizada–, para concretar un análisis que permita tomar las decisiones vitales sobre cómo afrontar la problemática de cada sitio de interés paleontológico.

Este primer paso puede ser uno de los caminos para articular una legislación que incluya la diversidad de miradas que constituyen la ciencia en este país.

Referencias

Benton, M.J. y D. Harper. 1997. *Basic palaeontology*. Prentice Hall, Londres.

Congreso de la Unión. 1993. Reglamento de la Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticos e Históricos. Publicado el 5 de enero de 1993 en el Diario Oficial de la Federación (DOF). Última reforma publicada el 28 de enero de 2015.

Frey, E., M.C. Buchy, W. Stinnesbeck *et al.* 2006. *Muzquizopterix coahuilensis* n.g., n.sp., a nyctosaurid pterosaur with soft tissue preservation from the Coniacian (late Cretaceous) of northeastern Mexico (Coahuila). *Oryctos* 6:19-39.

García-Barcena, J., F.J. Aranda-Manteca, B. Contreras y Montero *et al.* 1995. Proyecto de disposiciones reglamentarias acerca del patrimonio paleontológico. En: *Memorias del IV Congreso Nacional de Paleontología*. Sociedad Mexicana de Paleontología, México.

Gradstein, F.M. 2012. Biochronology. En: *The geologic time scale*. F.M. Gradstein, J.G. Ogg, M. Schmitz y G. Ogg (eds.). Elsevier, Amsterdam, pp. 43-62.

Parker, S. y R.L. Bernor. 1990. *The practical paleontologist*. Simon & Schuster Inc., Nueva York.

Riquelme, F., J. Alvarado-Ortega, J.L. Ruvalcaba-Sil *et al.* 2013. Chemical fingerprints and microbial biomineralization of fish muscle tissues from the late Cretaceous Muzquiz Lagerstätte, Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 30(2):417-435.

Stanley, S.M. y J.A. Luczaj. 2014. *Earth system history*. W.H. Freeman Publications, Nueva York.

Stinnesbeck, W., C. Ifrim, H. Schmidt *et al.* 2005. A new lithographic limestone deposit in the upper Cretaceous Austin Group at El Rosario, county of Muzquiz, Coahuila, northeastern Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 22(3):401-418.

La historia geológica y su cambiante paleo-biodiversidad

Wolfgang Stinnesbeck, Héctor Eduardo Rivera Sylva, José Manuel Padilla Gutiérrez y Arturo Homero González González

Orígenes

No se sabe cuántas especies pueblan el planeta hoy en día, pero se calcula que tal cantidad varía entre 5 millones y más de 100 millones (Mora *et al.* 2011), y este número de especies se desarrolló a través de un camino evolutivo de más de 3 500 millones de años (m.a).

El noreste de México no es una región apta para hallar restos de vida muy antigua, ya que las rocas que contienen estos fósiles no se localizan en esta zona, sino en los escudos precámbricos de los continentes (figura 2). En Norteamérica, por ejemplo, rocas muy antiguas, de edades entre 3 800 a 2 000 m.a., caracterizan áreas del noreste de los Estados Unidos y Canadá, y se extienden hasta Chihuahua y Sonora. En estos sedimentos arcaicos se hallaron bacterias con estructuras sencillas, sin núcleo celular y componentes de funciones especializadas (Stanley y Luczaj 2014).

Los estromatolitos son formaciones rocosas generadas por colonias de cianobacterias o algas verde-azules, que al pegarse con granos de sedimento entre sus hileras de células, han dado origen a las superficies elevadas con estructuras horizontales laminares que los caracterizan. Hay muchos ejemplos de fósiles de estromatolitos en todos los periodos geológicos. Las formas actuales son muy escasas y se les considera relictas. Un ejemplo de los lugares en donde han sido descubiertos es las lagunas de Cuatro Ciénegas, y ahí generan pequeños montículos calcáreos en el agua (figura 1).



Figura 1. Estromatolitos fósiles y actuales de Cuatro Ciénegas. Foto: Priscila Enríquez.

Las rocas que hoy en día forman el relieve del noreste de México (figura 2d), tuvieron su origen durante los últimos 500 m.a. de la historia

Stinnesbeck, W., H.E. Rivera-Sylva, J.M. Padilla Gutiérrez y A.H. González González. 2018. La historia geológica y su cambiante paleo-biodiversidad. En: *La biodiversidad en Coahuila. Estudio de Estado*, vol. II. CONABIO/Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza, México, pp. 39-45.

de la Tierra (figura 2a). En Coahuila los sedimentos más antiguos son del periodo Pérmico (hace 280 m.a.; figura 2b) y se ubican en los alrededores de Las Delicias, municipio de San Pedro de las Colonias. Tienen fama por la gran cantidad de fósiles encontrados, entre los que destacan los del tiburón *Helicoprion*, con un hocico en forma de sierra espiral para cortar su presa en pedazos. Sin embargo, son más abundantes los braquiópodos, crinoideos, goniatitas y foraminíferos (grupo de protozoarios relacionado a las amebas).

Los foraminíferos de Las Delicias alcanzaron un diámetro de hasta un centímetro, que es un tamaño notable para organismos unicelulares. Poblaron las partes someras de un mar tropical que en aquel tiempo cubrió gran parte del norte de México.

En general los ecosistemas del Pérmico eran pobres en diversidad ecológica. Dicha condición puede atribuirse a una configuración única de la geografía en dicho periodo, en la que todos los continentes formaban una sola masa terrestre o súper continente (figura 2b), conocido como Pangea (Stanley y Luczaj 2014). Se piensa que la parte norte de ese súper continente se caracterizaba por un clima cálido y seco, con amplios desiertos y depresiones con depósitos de sal, mientras que la parte sur estaba bajo una gruesa capa de hielo (Stanley y Luczaj 2014).

Coahuila y el súper continente

Al final del Pérmico las superficies continentales, entre las que se encontraban los sedimentos marinos de Las Delicias, fueron plegadas y levantadas, y dieron origen a las montañas Ouachita, en Arkansas. Esta cadena montañosa alcanzaba altitudes tan importantes como las que existen en los Andes actuales, y formaba parte del súper continente (Stanley y Luczaj 2014).

Esta situación perduró por casi 100 m.a. Durante el Triásico y la mayor parte del Jurásico las grandes placas continentales de Pangea estaban aún en contacto, y los mares se localizaban sólo

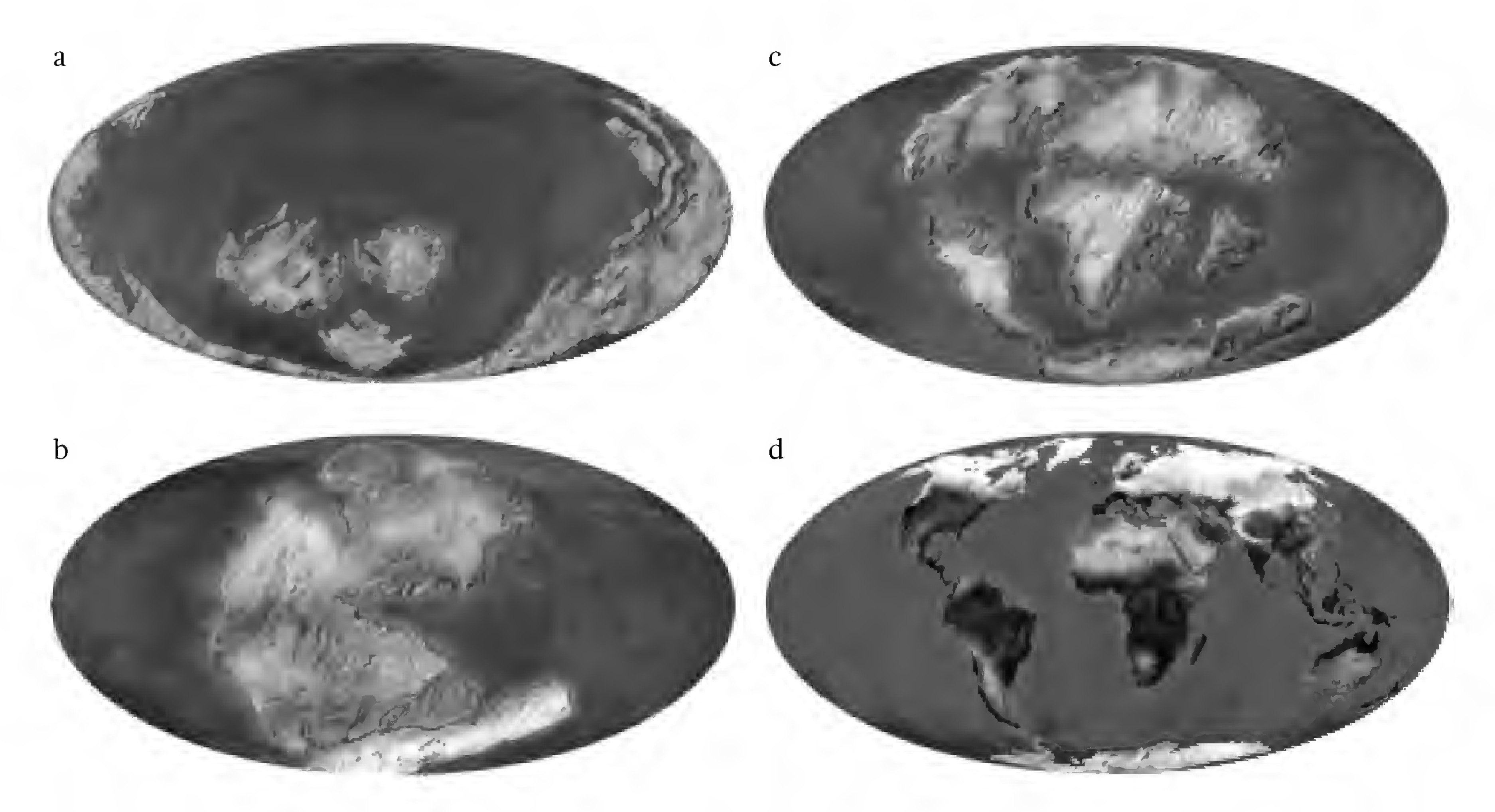


Figura 2. Configuración de los continentes y posición de México, desde el a) Cámbrico, b) Pérmico, c) Cretácico y d) actual. Ilustración: Pedro García.

en las zonas periféricas del súper continente (figura 2b). La acción de las fuerzas geológicas, a través de millones de años, desmanteló y niveló las sierras pérmicas, antecesoras de la Sierra Madre Oriental, lo cual resultó en la saturación de las depresiones y valles con los sedimentos resultantes (Salvador 1991, Goldhammer y Johnson 2001).

En el presente, los sedimentos de este periodo afloran en el sur de Nuevo León, en localidades de los municipios de Aramberri y Galeana (Salvador 1991, Barboza-Gudiño *et al.* 1999). Ahí se han encontrado hojas y madera que indican que la vegetación era de clima semiárido, conformada por cicadáceas y pinos. Las precipitaciones eran episódicas, y temporalmente los lagos pudieron haberse secado por completo.

En estos sedimentos se han encontrado túneles o madrigueras que representan las viviendas de peces pulmonados, los cuales se enterraban en el suelo húmedo de los lagos para sobrevivir en los tiempos de sequía. En el cañón El Huizachal, cerca de Ciudad Victoria, Tamaulipas, se descubrieron los restos de un reptil volador, un *Dimorphodon*, y de animales en transición entre reptil y mamífero (Clark y Hopson 1985, Clark *et al.* 1994, 1998).

El mar jurásico y su fauna

El escenario paleogeográfico regional empezó a cambiar fuertemente a partir del Jurásico tardío, hace aproximadamente 160 m.a. Fue en ese tiempo que el súper continente Pangea comenzó a dividirse, con la apertura del golfo de México y el Atlántico Norte (figura 2c), y que el mar regresó al noreste del actual territorio mexicano, situación que se mantuvo por todo el resto del Jurásico y el Cretácico, es decir, por casi 100 m.a. (Stinnesbeck y Frey 2014).

En este periodo, en el fondo del mar que cubrió la citada parte de México, se acumularon sedimentos de, por lo menos, 1 000 m de espesor, con los cuales dio inicio la verdadera historia de la Sierra Madre Oriental (Stinnesbeck y Frey 2014).

El ingreso de las aguas marinas fue, de inicio, un proceso lento e invisible, si es calculado en escala de generaciones humanas. Al comienzo el agua que entraba a las bahías de Nuevo León y Coahuila quedó expuesta a la evaporación, y poco a poco se saturó de sal. Eran lagunas de aguas muy someras y hasta subaéreas, denominadas “sabkhas”.

Debido a las condiciones hiper salinas, estos “desiertos” acuáticos eran tóxicos para la mayoría de las especies marinas, pero dejaron importantes yacimientos de yeso, e incluso de sal, en el subsuelo de Coahuila (Salvador 1991, Götte y Michalzik 1992, Goldhammer 1999, Kröger y Stinnesbeck 2005).

El peso de la corteza oceánica formada por la apertura del golfo de México al final del Jurásico, causó que toda la región se hundiera lentamente. El proceso aumentó la fuerza erosiva de los ríos y éstos transportaron una carga mayor de sedimentos hacia el mar ubicado al sur de Coahuila, que llegó hasta Puebla y Oaxaca (Götte y Michalzik 1992, Michalzik y Schumann 1994, Goldhammer 1999, Goldhammer y Johnson 2001).

La carga sedimentaria de los ríos fue depositada en un mar tranquilo y mal oxigenado (Michalzik y Schumann 1994, Zell *et al.* 2014b). Debido a la falta de oxígeno en el fondo marino, no se han encontrado muchos organismos que podrían haber vivido ahí, tales como corales, gusanos y caracoles, y en cambio sólo existen registros fósiles de un número escaso de especies de almejas, como las del género *Aulacomyella* (Michalzik y Schumann 1994).

A pesar de lo anterior, las conchas de esas almejas eran muy delgadas, y se presume que dicho género tenía una vida planctónica, pegada a algas que flotaban en el agua (Michalzik y Schumann 1994); a su vez existen registros de otro tipo de ostras que colonizaron las conchas de ammonites grandes (Zell *et al.* 2014a).



Figura 3. La vida en los mares jurásicos de Coahuila. El ictiosaurio de El Sombrero, descubierto en el municipio de Parras de la Fuente. Foto: Archivo fotográfico del Museo del Desierto.

De esta manera, con la escasez de fauna del fondo marino, los únicos fósiles abundantes en estos sedimentos son de animales nadadores: ammonites, peces y reptiles marinos (figura 3).

Aquellos animales que se aproximaban al fondo marino morían asfixiados por la falta de oxígeno y los gases producto de la descomposición y putrefacción. En la parte más baja del mar de esta zona al sur de Coahuila, se acumuló en una condición especial el material orgánico de microorganismos muertos y cadáveres de invertebrados y vertebrados, ya que el oxígeno, esencial para el proceso de descomposición, no estaba disponible (Michalzik y Schumann 1994, Zell *et al.* 2014a, b).

Con el transcurso del tiempo geológico, y producto de la presión y la temperatura, la materia orgánica se transformó en bitumen (tipo de hidrocarburo precursor del petróleo) y, posteriormente, en petróleo y gas (Ortuño *et al.* 1990).

El Caribe del Cretácico

Durante el Cretácico el mar cubrió gran parte del noreste del actual territorio nacional, como consecuencia de la formación y ampliación del golfo de México y del océano Atlántico, respectivamente (Goldhammer 1999, Goldhammer y Johnson 2001). En este lapso se depositaron en el fondo marino las calizas, llamadas "piedra azul", y las lutitas, comúnmente conocidas como "almendrilla".

Hoy las calizas forman las montañas altas de la Sierra Madre entre Saltillo y Monterrey; por su parte los valles fueron formados por la erosión de las lutitas, que se desintegraron fácilmente. La abundancia de fósiles en estos sedimentos –principalmente corales y moluscos– muestra que estos mares eran cálidos y de poca profundidad, con extensas áreas de arrecifes.

Los corales, a pesar de estar presentes, no tenían la importancia que alcanzan en la actualidad. Los verdaderos constructores de los arrecifes eran los rudistas, un tipo de almejas (figura 4) con una morfología similar a la de los corales. Las lajas pulidas de piedra azul en los pisos de algunos centros comerciales muestran la enorme cantidad de vida en ellos.

Posteriormente, durante la segunda mitad del Cretácico, el mar ganó profundidad y provocó el cese del crecimiento de los arrecifes, por la escasez de luz solar que penetraba en las profundidades (Sohl *et al.* 1991). Esto propició el desarrollo de comunidades de algas y protozoarios (plancton) que, a su vez, atrajo organismos de mayor tamaño, como los peces.

Se registraron fósiles de peces nítidamente preservados en una serie de canteras, en sierras que van del municipio de Múzquiz al de Arteaga, en la subprovincias Sierras y Llanuras Coahuilenses y Gran Sierra Plegada, respectivamente (Stinnesbeck y Frey 2014; veáse Tesoros paleontológicos: la increíble evidencia de las canteras laminares y el mar de la muerte, en esta misma obra).

Los mares ricos en plancton permitieron que floreciera la vida, a pesar de que el clima era muy cálido y las temperaturas del agua rondaban los niveles tropicales. Algunos organismos

alcanzaron tamaños enormes, y un ejemplo del gigantismo de este periodo son los descomunales ammonites del municipio de Piedras Negras, en la subprovincia Llanuras de Coahuila y Nuevo León (figura 5), con diámetros de 2 m o más (Young 1963, Ortuño *et al.* 1990).

Las playas del Cretácico

A finales del periodo Cretácico el mar se retiró gradualmente de la región. Es difícil imaginar que en los paisajes desérticos y aparentemente estériles que prevalecen hoy en día entre las ciudades de Saltillo y Monclova, hace 70 m.a. se extendió un inmenso delta fluvial –similar al actual del río Mississippi–, que desembocaba en un mar en la región de Nuevo León (McBride *et al.* 1974, 1975; Soegaard *et al.* 2003, Vogt *et al.* 2015).



Figura 4. Laja con rudistas pulidos, cañón de San Lorenzo, Saltillo. Como todas las almejas, también los rudistas se caracterizan por dos valvas (conchas). Una de éstas (flecha inferior) es muy grande, de forma cónica y fija al substrato, mientras que la otra es pequeña o incluso plana y funcionaba como tapa para cerrar la otra. Foto: Wolfgang Stinnesbeck.



Figura 5. Los ammonites más grandes del mundo se encontraron en sedimentos cretácicos del norte de Coahuila. Foto: Priscila Enríquez.

Toda esa planicie costera estaba cubierta por una densa vegetación tropical con árboles de magnolias, coníferas, cicadáceas, euforbias, palmas y helechos. Al norte de Monclova, en la región de Palaú, municipio de Sabinas –dentro de la subprovincia Llanuras de Coahuila y Nuevo León–, estas amplias selvas dieron origen al carbón (McBride *et al.* 1975, Stinnesbeck y Frey 2014).

Fue en aquel entonces cuando los dinosaurios poblaron las pantanosas orillas de los lagos y ríos (figura 6), y reptiles voladores de más de 10 m de envergadura (longitud de punta a punta de las alas extendidas) planeaban en el aire en busca de presas. Existe sobrada evidencia de que, en ese tiempo, Coahuila era claramente una tierra de dinosaurios.

Los movimientos tectónicos que formaron la Sierra Madre Oriental y otras sierras más al norte de Coahuila iniciaron durante el Cretácico tardío, y se extendieron durante los siguientes 10 a 15 m.a. Todas las capas de sedimentos que habían sido acumulados en el fondo de los mares jurásicos y cretácicos fueron lentamente comprimidas, plegadas y movilizadas unas contra otras, y la erosión generada por el agua y el viento las modeló paulatinamente.

Las calizas resistentes forman hoy las más impresionantes elevaciones de las sierras (figura 7), mientras que las llamadas “almendrillas”, que se erosionaron a mayor velocidad, dieron origen a los valles y cuencas (Stinnesbeck y Frey 2014).

Conclusión

La historia geológica de la entidad se extiende al menos por 280 m.a. y abarca periodos en los que la región fue cubierta por mar o selvas tropicales, condiciones muy diferentes a las del estado desértico de hoy en día. Coahuila destaca por su abundancia de fósiles bien preservados, que permiten reconstruir los radicales cambios del medio ambiente a lo largo del tiempo, los cuales son importantes no solamente para México, sino también para la historia de la vida en el mundo entero.



Figura 6. Huella de un hadrosaurio, en el municipio de General Cepeda. Foto: Archivo fotográfico del Museo del Desierto.



Figura 7. Capas calcáreas verticales en el cañón de La Huasteca, en Santa Catarina, Nuevo León. Cientos de metros de fondo marino del Cretácico temprano, con edades de aproximadamente 100 m.a., fueron plegados debido a procesos de compresión que causaron la formación de la Sierra Madre Oriental, hace 60 m.a. Foto: Wolfgang Stinnesbeck.

Referencias

Barboza-Gudiño, J.R., M. Tristán-González y J.R. Torres-Hernández. 1999. Tectonic setting of pre-Oxfordian units from central and northeastern Mexico: a review. En: *Mesozoic sedimentary and tectonic history of north-central Mexico*. C. Bartolini, J.L. Wilson y T.F. Lawton (eds.). Geological Society of America, Colorado, pp. 197-210.

Clark, J.M. y J.A. Hopson. 1985. Distinctive mammal-like reptile from Mexico and its bearing to the phylogeny of the Tritylodontidae. *Nature* 315:398-400.

Clark, J.M., M. Montellano, J.A. Hopson *et al.* 1994. An early or middle Jurassic tetrapod assemblage from the La Boca Formation, northeastern Mexico. En: *In the shadows of the dinosaurs*. N.C. Fraser y H.D. Sues (eds.). Cambridge University Press, Cambridge, pp. 295-302.

Clark, J.M., J.A. Hopson y R.R. Hernández. 1998. Foot posture in a primitive pterosaur. *Nature* 391:886-889.

Goldhammer, R.K. 1999. Mesozoic sequence stratigraphy and paleogeographic evolution of northeast Mexico. *Geological Society of America*, Colorado, pp. 1-58.

Goldhammer, R.K. y C.A. Johnson. 2001. Middle Jurassic-upper Cretaceous paleogeographic evolution and sequence-stratigraphic framework of the northwest gulf of Mexico rim. En: *Gulf of Mexico origin, waters and biota*, vol. 3. C. Bartolini, R.T. Buffer y A. Cantú-Chapa (eds.). Texas A&M University Press, Texas, pp. 45-81.

Götte, M. y D. Michalzik. 1992. Stratigraphic relations and facies sequences of an upper Jurassic evaporitic ramp in the Sierra Madre Oriental (Mexico). *Zentralblattfür Geologie und Paläontologie* (I) 1991:1445-1466.

Kröger, K.F. y W. Stinnesbeck. 2005. The Minas Viejas Formation (Oxfordian) in the area of Galeana, northeastern Mexico: significance of syndepositional volcanism and related barite genesis in the Sierra Madre Oriental. En: *The circum-gulf of Mexico and the Caribbean; hydrocarbon habitats, basin formation and plate tectonics*. C. Bartolini, R.T. Buffler y J.F. Blickwede (eds.). American Association of Petroleum Geologists (AAPG), Oklahoma, pp. 521-534.

McBride, E.F., A.E. Weidie, J.A. Wolleben y R.C. Laudon. 1974. Stratigraphy and structure of the Parras and La Popa basins, northeastern Mexico. *Geological Society of America Bulletin* 85(8):1603-1622.

McBride, E.F., A.E. Weidie y J.A. Wolleben. 1975. Deltaic and associated deposits of difunta group (late Cretaceous to Paleocene), Parras and La Popa basins, northeastern Mexico. En: *Deltas: models for exploration*. M.L. Broussard (ed.). Houston Geological Society, Texas, pp. 485-522.

Michalzik, D. y D. Schumann. 1994. Lithofacies relations and paleoecology of a late Jurassic to early Cretaceous fan delta to shelf depositional system in the Sierra Madre Oriental of north-east Mexico. *Sedimentology* 41(3):463-477.

Mora, C., D.P. Tittensor, S. Adl *et al.* 2011. How many species are there on Earth and in the ocean? *PLoS Biol* 9(8):e1001127.

Ortuño, F., T. Adatte, O.A. Ubilla *et al.* 1990. Evolución geodinámica de los depósitos del Jurásico superior en el área del Prospecto Saltillo, implicaciones económico-petroleras. Proyecto CAO-4027. Informe del Instituto Mexicano del Petróleo, México (inédito).

Salvador, A. 1991. Triassic-Jurassic. En: *The gulf of Mexico basin. The geology of North America*. A. Salvador (ed.). Geological Society of America, Colorado, pp. 131-180.

Soegaard, K., H. Ye, N. Halik *et al.* 2003. Stratigraphic evolution of latest Cretaceous to early Tertiary Difunta foreland basin in northeast Mexico: influence of salt withdrawal on tectonically induced subsidence by the Sierra Madre Oriental fold and thrust best. En: *The circum-gulf of Mexico and the Caribbean; hydrocarbon habitats, basin formation and plate tectonics*. C. Bartolini, R.T. Buffler y J.F. Blickwede (eds.). American Association of Petroleum Geologists (AAPG), Oklahoma, pp. 364-394.

Sohl, N.F., R.E. Martínez, P. Salmerón-Ureña y F. Soto-Jaramillo. 1991. Upper Cretaceous. En: *The gulf of Mexico basin. The geology of North America*. A. Salvador (ed.). Geological Society of America, Colorado, pp. 205-244.

Stanley, S.M. y J.A. Luczaj. 2014. *Earth system history*. W.H. Freeman Publications, Nueva York.

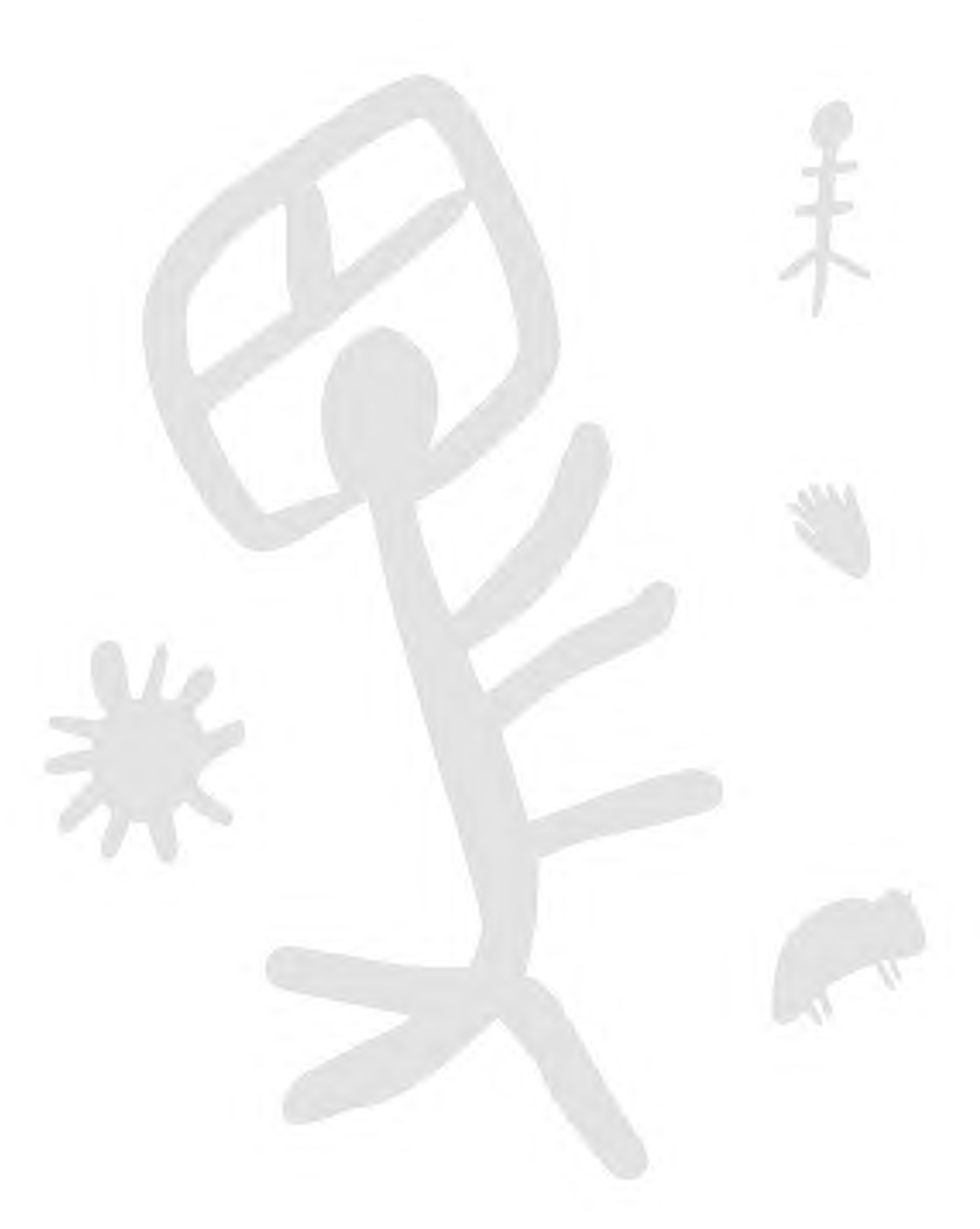
Stinnesbeck, W. y E. Frey. 2014. Paleogeography and Paleoenvironment of Mexico during the Mesozoic. En: *Dinosaurs and other reptiles from the Mesozoic of Mexico*. H.E. Rivera Sylva, K. Carpenter y E. Frey (eds.). Indiana University Press, Indiana, pp. 13-29.

Vogt, M., W. Stinnesbeck, P. Zell *et al.* 2015. Age and depositional environment of the "dinosaur graveyard" at Las Aguilas, southern Coahuila, NE Mexico. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 441(4):758-769.

Young, K. 1963. Upper Cretaceous ammonites from the gulf coast of the United States. *University of Texas Bulletin* 6304:135-142.

Zell, P., S. Beckmann y W. Stinnesbeck. 2014a. *Liostrearoemeri* (Ostreida, Bivalvia) attached to upper Jurassic ammonites of northeastern Mexico. *Palaeobiodiversity and Palaeoenvironments* 94(3):439-451.

Zell, P., S. Beckmann y W. Stinnesbeck. 2014b. Age and depositional conditions of the marine vertebrate concentration Lagerstätte at Gomez Farias, southern Mexico. *Journal of South American Earth Sciences* 56:91-109.



Tierra de dinosaurios

Héctor Eduardo Rivera Sylva, Wolfgang Stinnesbeck, José Manuel Padilla Gutiérrez y Arturo Homero González González

Primeros descubrimientos en el mundo

A lo largo de la historia de la vida en la Tierra, los dinosaurios se encuentran entre los animales más exitosos que han existido. Dominaron el planeta durante 160 millones de años (m.a.), es decir, durante toda la era Mesozoica. Se originaron en el periodo Triásico –el cual inició hace 225 m.a.– y tuvieron su edad de oro durante el Jurásico, hasta llegar al Cretácico –que finalizó hace 65 m.a.–, periodo en el cual se extinguieron.

En 1824 William Buckland describió y nombró al primer dinosaurio, y lo llamó *Megalosaurus*. Desde entonces los dinosaurios se clasifican con nombres de raíces griegas o latinas, que pueden hacer alusión a una característica distintiva que tuvieran, al lugar en donde se encontraron, o bien, pueden ser nombrados en honor a una persona. Fue hasta abril de 1842 cuando el naturalista inglés Sir Richard Owen nombró con la palabra "dinosaurios" a los grandes reptiles descubiertos hasta entonces (Owen 1842), y el término proviene del griego *deinos* = terrible, y *saurus* = lagarto.

El primer hallazgo de dinosaurios en Coahuila fue también el primero en México; lo realizó el geólogo alemán Erik Haarmann en 1910, y fue descrito de manera errónea –como perteneciente a un ceratópsido– por Werner Janensch en 1926. Actualmente se sabe que era parte del hueso de la cadera de un hadrosaurio (Haarmann 1913, Janensch 1926, Rivera-Sylva y Carpenter 2014b; figura 1).

Los lugares en donde han sido encontrados los dinosaurios en Coahuila alguna vez fueron la costa de un mar poco profundo; la región era una planicie de inundación, a manera de pantano cercano a la costa, con ríos y riachuelos que

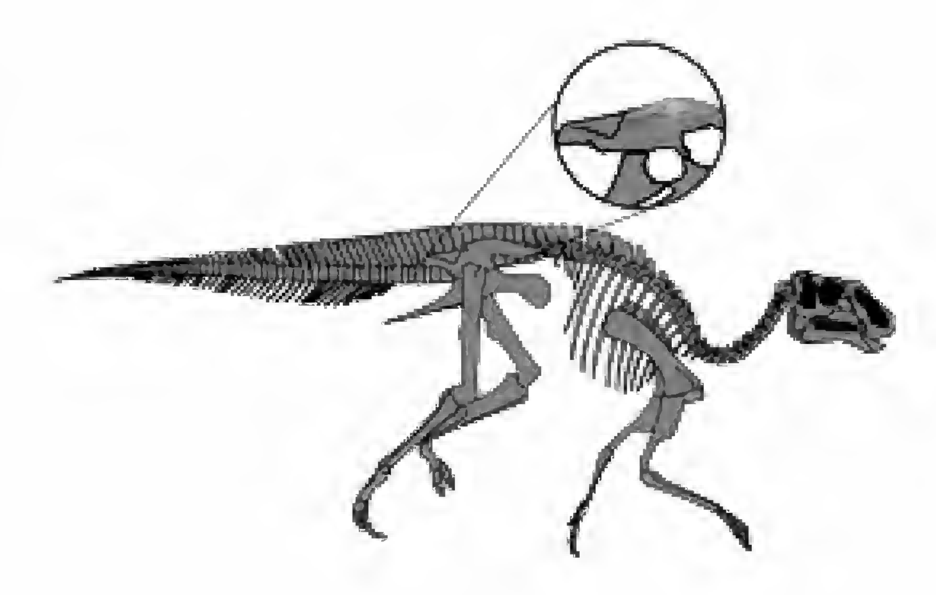


Figura 1. Fragmento de pelvis de un hadrosaurio encontrado en Coahuila. Pieza fundacional para la paleontología de dinosaurios en México. Foto: Héctor Rivera-Sylva. Ilustración: Iván Sánchez Uribe.

Rivera-Sylva, H.E., W. Stinnesbeck, J.M. Padilla Gutiérrez y A.H. González González. 2018. Tierra de dinosaurios. En: *La biodiversidad en Coahuila. Estudio de Estado*, vol. II. CONABIO/Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza, México, pp. 47-62.

formaban deltas que desembocaban en el antiguo mar con aguas litorales poco profundas (veáse La historia geológica y su cambiante paleo-biodiversidad, en esta misma obra). El clima era mucho más cálido y húmedo, lo que permitía la existencia de una vegetación tropical como la que se encuentra actualmente en las costas del golfo de México (Vogt *et al.* 2015; figura 2).

Grupos de dinosaurios registrados en la entidad

Los dinosaurios se dividen en dos grupos, de acuerdo con la forma de los huesos de la cadera. Los saurísquios –con pelvis tipo reptil–, a cuyo grupo pertenecen los carnívoros (terópodos) y los dinosaurios de cuello largo (saurópodos); y los ornitísquios –de pelvis tipo ave–, entre los que se clasifica a los picos de pato y paquicefalosaurios (ornitópodos); los dinosaurios armados (ankylosaurios) y los dinosaurios con cuernos (ceratópsidos; Seeley 1887).

Saurísquios

Terópodos: los dinosaurios carnívoros

Los dinosaurios carnívoros, llamados científicamente terópodos, sobrevivieron por más de 160 m.a. De hecho, si se considera a las aves, el linaje de los terópodos sigue presente en la época actual. Tuvieron una distribución global y se han encontrado desde Alaska hasta la Antártida (Weishampel *et al.* 2004).

Gorgosaurus

Su nombre proviene del griego *gorgos* = fiero o terrible, y *saurus* = lagarto. Este dinosaurio (figura 3) vivió durante el Cretácico tardío (hace 77 a 74 m.a.) en lo que ahora es Canadá, Estados Unidos y México (Weishampel *et al.* 2004). Fue descubierto por Charles Sternberg en 1913 y nombrado por Lawrence Lambe (Lambe 1910).

Este lagarto es el tyrannosáurido más conocido, debido a la cantidad de restos fósiles encontrados (figura 4), lo que ha permitido a los paleontólogos investigar su desarrollo desde que



Figura 2. Reconstrucción del ambiente durante el Campaniano (72 m.a.), en la Formación Cerro del Pueblo, en Coahuila. Se observa en primer plano un par de *Coahuilaceratops magnacuerna* y, en la orilla del río, una manada de *Latirhinus uitstlani* y unos ornithomímidos. Ilustración: Sergio de la Rosa.

salía del huevo hasta su fase adulta, además de otros aspectos de su biología. Los adultos alcanzaban una talla de hasta 8 m de largo y llegaban a pesar hasta 2.5 t (Lessem *et al.* 1993). Sus dientes han sido encontrados en varios estados de México, como Baja California y Sonora, y en varias localidades de Coahuila, en los municipios de General Cepeda, Parras, Sabinas y Ocampo.

En este último municipio también se encontraron huesos de hadrosaurios con mordidas de este tipo de dinosaurios (Rivera-Sylva *et al.* 2012), y también se han hallado huellas como las del *Gorgosaurus* en Coahuila y Michoacán.

Troodon

Este dinosaurio (figura 5) proviene del Cretácico tardío en Canadá, Estados Unidos y México. El género fue nombrado a partir del hallazgo de un diente en Montana, EUA, y fue descrito por Joseph Leidy en 1856, quien lo bautizó con el nombre procedente del griego, cuyas raíces son *tro*, que significa "herida", y *odon*, que se traduce como "diente", por lo que el significado del nombre es "diente que hiere" (Leidy 1856).

El *Troodon* tenía una visión binocular útil para cazar, y además poseía largas patas delanteras, con dedos delgados rematados por garras (figura 6).



Figura 3. Reconstrucción de un *Gorgosaurus libratus*. Ilustración: Marco A. Pineda Maldonado.



Figura 4. Esqueleto de *Gorgosaurus libratus* en la exposición *Huellas de la vida*. Foto: Archivo fotográfico del Museo del Desierto.

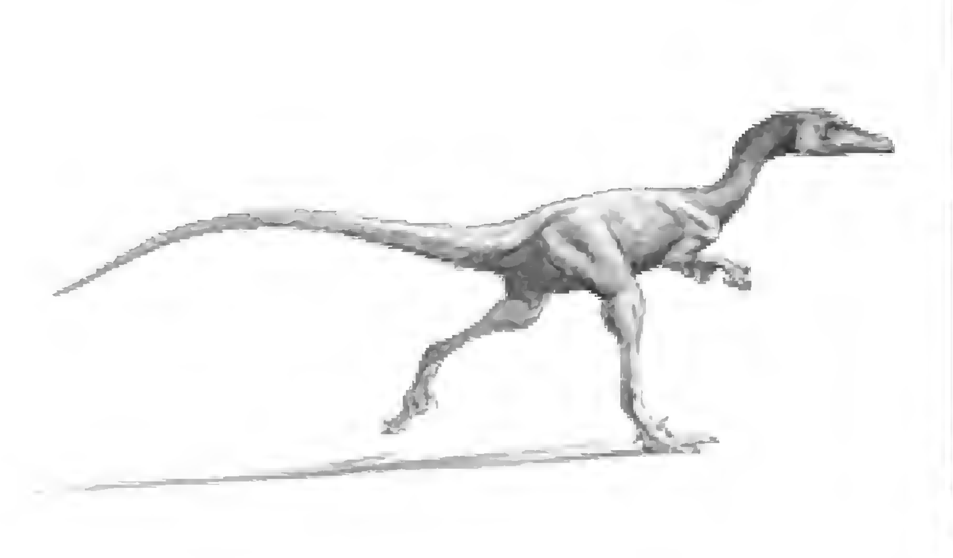


Figura 5. Reconstrucción de un *Troodon formosus*. Ilustración: Marco A. Pineda Maldonado.



Figura 6. Esqueleto de *Troodon formosus* montado en el Perot Museum of Nature and Science, Dallas. Foto: Lucía Alfaro Ortíz.

A lo largo de sus finas mandíbulas exhibía pequeños dientes puntiagudos. Este dinosaurio llegó a medir 2 m de largo, y se especula que acostumbraba merodear las zonas de anidación de otros dinosaurios, con la esperanza de sorprender crías descuidadas, como lo sugieren los descubrimientos de esqueletos de troodontes junto a nidos (Horner y Gorman 1988). En México su registro se realizó por unos dientes encontrados en el municipio de General Cepeda, en el sureste de Coahuila, y otro diente localizado al norte de Baja California (Hilton 2003).

Ornithomimus

Pertenece al grupo de los llamados "imitadores de aves". Sus restos proceden de rocas del Cretácico tardío y tienen una antigüedad de aproximadamente 70 m.a. Llegaron a medir de 3 a 4 m de largo (Lessem *et al.* 1993). Estos dinosaurios, semejantes a los avestruces, presentan muchos rasgos en común con las grandes aves corredoras actuales (Lessem *et al.* 1993; figura 7). Eran ágiles y podían elegir entre una gran variedad de alimentos, porque probablemente eran omnívoros, es decir, comían carne, plantas, insectos e incluso huevos (Holtz 2012).

El *Ornithomimus* tenía una larga cola que medía más de la longitud total del animal. Su esqueleto ligero sugiere que podría haber alcanzado grandes velocidades. El registro de su presencia se encuentra en el municipio de General Cepeda, Coahuila, y recientemente en los estados de Baja California y Sonora. En estas entidades se han localizado huesos fosilizados de algunas partes del cuerpo, tanto de ejemplares adultos como juveniles (Rivera-Sylva y Carpenter 2014b, Serrano-Brañas *et al.* 2016).



Figura 7. Esqueleto de ornithomímido en el Museo del Desierto. Foto: Priscila Enríquez.

Saurornitholestes

Vivió durante el Cretácico tardío hace 73 m.a. Los primeros fósiles se encontraron en Alberta, Canadá, y posteriormente en Estados Unidos (Weishampel *et al.* 2004). Este dinosaurio carnívoro llegó a medir 1.8 m de largo (figura 8). Fue nombrado por Hans-Dieter Sues en 1978, al considerar las siguientes raíces latinas: *saurus* = lagarto, *ornitho* = ave, y *lestes* = ladrón; un lagarto-ave ladrón (Sues 1978).

Aunque pequeño y de constitución ligera, el *Saurornitholestes* (figura 8) era un depredador que podía herir gravemente con las mortíferas garras afiladas en forma de hoz de sus patas traseras, tal cual lo hacía su primo asiático más conocido: el *Velociraptor*.

No se sabe mucho acerca de esta especie, debido a que sólo se cuenta con fragmentos del cráneo y esqueleto, provenientes del Parque Provincial del Dinosaurio, en Alberta, Canadá (Weishampel *et al.* 2004). En México se han encontrado dientes en Baja California y el municipio de Ocampo, Coahuila (Rivera-Sylva y Carpenter 2014a).

Ornitisquios

Tyreóforos o anklyosáuridos: los dinosaurios acorazados

Conocidos como dinosaurios armados, se caracterizaban por poseer una coraza que les recubría desde la cabeza hasta la cola. Los escudos de su armadura eran variables de acuerdo con la zona en donde habitaban, y podían vivir en varios climas, desde áridos en Asia, hasta planicies costeras en Norteamérica (Weishampel *et al.* 2004). Estos dinosaurios estaban especialmente acostumbrados a una alimentación con plantas del estrato bajo, que eran cortadas con su pico córneo y molidas por sus fuertes dientes especializados (Carpenter 2012).

El grupo se dividía en dos familias: la de los ankylosaurios, que contaban con un mazo en la cola, y la de los nodosaurios, que tenían colas sin tal característica (Carpenter 2012).



Figura 8. Modelo de la cabeza del *Saurornitholestes langstoni*. Escultura: Héctor Munive Villalobos. Foto: Isela Lara Jiménez.

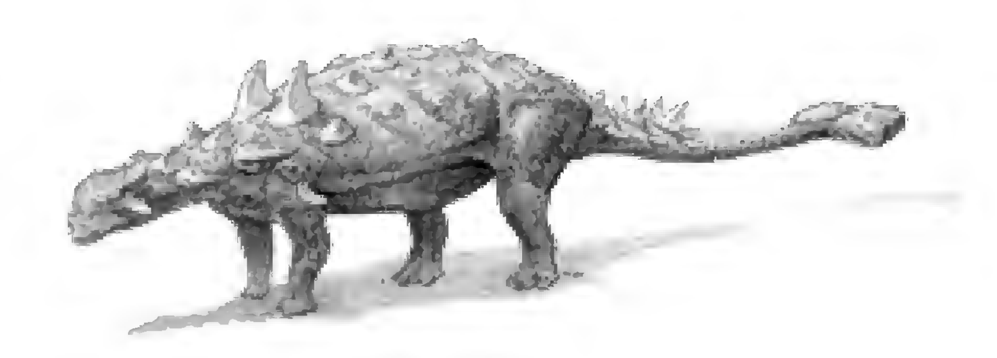


Figura 9. Reconstrucción de un *Euoplocephalus tutus*. Ilustración: Marco A. Pineda Maldonado.

Euoplocephalus

Este dinosaurio herbívoro vivió en el periodo Cretácico, entre 80 m.a. y 65 m.a. (Lessem *et al.* 1993). Su nombre significa "cabeza bien armada", y fue descubierto por el paleontólogo Lawrence Lambe en 1910. Medía alrededor de 6 m de largo y ha llegado a ser uno de los ankylosáuridos más largos que se han conocido (Lessem *et al.* 1993). Se caracterizaba por presentar una coraza que le cubría todo el cuerpo, desde la cabeza hasta la punta de la cola, donde se encontraba un gran y pesado mazo que le servía para protegerse de los carnívoros (Lessem *et al.* 1993; figura 9).

Los restos de esta especie se han encontrado en Alberta (Canadá), Montana (eua), y en Baja California y el municipio de General Cepeda (México; Weishampel *et al.* 2004, Rivera-Sylva y Espinosa-Chávez 2006).

Edmontonia

Este tipo de dinosaurio armado perteneció a la familia de los nodosaurios. Vivió hace aproximadamente 72 m.a., durante el Cretácico tardío. Llego a medir hasta 6 m de largo y pesar hasta 4 t (figura 10). El primer ejemplar fue descubierto en 1924 por George Paterson y posteriormente en 1928 Charles Sternberg lo nombró como *Edmontonia rugosidens*, por la Formación Edmonton, la unidad rocosa donde se encontró (Sternberg 1928).

Se caracterizaba por presentar placas en el cuello y picos que salían de la región de los hombros, los cuales estaban dirigidos hacia adelante y eran utilizados como armas o para entrelazarse en combate con otro *Edmontonia*, de una manera similar a como pelean actualmente los venados (Carpenter 2012).

Al noroeste de Coahuila, en el municipio de Ocampo, fueron encontrados los restos de un *Edmontonia* por un equipo de paleontólogos

del Museo del Desierto. Los fragmentos hallados pertenecen a la coraza y a huesos de las patas (Rivera-Sylva *et al.* 2011).

Pachycephalosáuridos: los cabeza dura

Este grupo vivió durante el Cretácico tardío en Norteamérica y Asia (Weishampel *et al.* 2004). Sus integrantes eran bípedos herbívoros con cabezas gruesas y, en la mayoría, redondeadas (domos), muchas veces rodeadas de espinas o nódulos, y llegaban a tener casi 10 cm de espesor (Makovicky 2012; figura 11).

La utilidad de este domo está en debate; antes se creía que era para combates rituales, al chocar sus cabezas como los carneros o venados actuales, pero gracias a estudios recientes se sabe que esta conducta hubiera sido muy poco probable, por lo que si dichos combates se realizaban, es posible que estos dinosaurios se golpearan los costados del cuerpo (Makovicky 2012).

Stegoceras

Es uno de los géneros con mayores evidencias fósiles dentro de la familia de los pachycephalosáuridos (Lessem *et al.* 1993). En México no había ningún reporte de esta familia, hasta que en 2009 fue encontrado un diente al norte de Coahuila –en el municipio de Ocampo– por miembros del Museo del Desierto (Rivera-Sylva y Carpenter 2014b), y hasta el momento este hallazgo constituye la única evidencia de su presencia en México.

El registro citado corresponde al dinosaurio herbívoro *Stegoceras*, cuyo nombre proviene del griego *stego* = techo/techado, y *ceras* = cuerno, es decir, "techo cornudo" (Lessem *et al.* 1993). Llegó a medir hasta 2 m de largo (figura 12) y vivió durante el Cretácico tardío en Canadá, Estados Unidos y México (Weishampel *et al.* 2004).

Ceratópsidos: los dinosaurios con cuernos

Su nombre significa literalmente "cuernos en la cara". Eran herbívoros con una gran variedad de



Figura 10. Reconstrucción de un *Edmontonia*. Ilustración: Sergio de la Rosa.



Figura 11. Reconstrucción de un *Pachycephalosaurus*. Ilustración: Rafael Vivas González.



Figura 12. Cráneo de un *Stegoceras validum*. Foto: Héctor Rivera-Sylva.

cuernos y collares óseos. Su tamaño iba desde el de un pavo hasta el de un elefante (Makovicky 2012). Los largos cuernos y el collar óseo, también llamado "gola", los hace uno de los grupos de dinosaurios más reconocibles, con enormes cráneos, que alcanzaban más de 2 m de largo.

Al igual que los antílopes y renos actuales, los ceratópsidos debieron entrelazar sus cuernos en combates para determinar su territorio o la supremacía sobre su rival. Sin embargo, cuando se confrontaban con un depredador como un *Tyrannosaurus*, es fácil imaginar cómo tratarían de intimidarlo con sus cuernos.

En el sureste de Coahuila, cerca del poblado de Rincón Colorado –municipio de General Cepeda–, se han encontrado evidencias de ceratópsidos, y en ese mismo municipio se encontró una nueva especie a la cual se le llamó *Coahuilaceratops* (Loewen *et al.* 2010).

En lo que corresponde al norte de Coahuila, en 1969, en Palaú –municipio de Múzquiz–, se encontró un ceratópsido no identificado (Silva-Bárcenas 1969) y se tiene reportado un centrosaurino de la Formación Aguja, en el municipio de Ocampo, bautizado como *Yehuecauhceratops mudei* (Rivera-Sylva *et al.* 2017), así como un cuerno proveniente de la Formación Olmos, cerca de Múzquiz (Porras y Lehman 2011).

Yehuecauhceratops

Este dinosaurio (figura 13) fue encontrado en el municipio de Ocampo, al noroeste de Coahuila, en rocas pertenecientes a la Formación Aguja, con una antigüedad de 74 m.a. Su nombre significa "antigua cara con cuernos" y la especie *Y. mudei* fue nombrada así en honor al Museo del Desierto. Es un centrosaurino basal con un cuerno sobresaliente en el escamoso, que lo diferencia de otros dinosaurios con cuernos (Rivera-Sylva *et al.* 2017). Llegó a medir 3 m de largo y pesar aproximadamente 750 kilogramos.



Figura 13. Reconstrucción de un *Yehuecauhceratops mudei*. Ilustración: Sergio de la Rosa.

Agujaceratops

Vivió durante el Cretácico tardío, hace 73 m.a. (figura 14). Por los sedimentos donde fue encontrado, habitaba en los pantanos que posteriormente constituyeron a la Formación Aguja. Llegó a medir hasta 5 m de largo y a pesar alrededor de 4 t (Lessem *et al.* 1993). En 1989 Thomas Lehman nombró a la especie como *Chasmosaurus mariscalensis*. En una reclasificación el paleontólogo Spencer Lucas le asignó su propio género, y lo nombró *Agujaceratops mariscalensis* (Lucas *et al.* 2006). Se han encontrado restos de este tipo de dinosaurios en Chihuahua y en el municipio de Ocampo, al noroeste de Coahuila (Rivera-Sylva y Carpenter 2014b).

Coahuilaceratops

Este dinosaurio vivió durante el Cretácico tardío, hace aproximadamente 72 m.a. Fue encontrado por un aficionado a la paleontología, el profesor Claudio de León, quien localizó los restos de dos individuos, un adulto y un joven (Loewen *et al.* 2010). El material colectado corresponde principalmente a fragmentos del cráneo, lo que permitió definir el género y especie *Coahuilaceratops magnacuerna* (Loewen *et al.* 2010; figura 15). Llegó a medir 6 m de largo y pesar hasta 4 t, y tenía unos cuernos característicos de alrededor de 1 m de largo sobre su cabeza, que se clasifican como los cuernos más grandes de cualquier ceratópsido conocido.

Hadrosaurios: los dinosaurios pico de pato

Este grupo es uno de los más conocidos y más ampliamente distribuidos alrededor del mundo (Weishampel *et al.* 2004). Su nombre se debe a la forma del hocico, y se dividen en dos grupos: los que tienen una cresta en la cabeza, y los que carecen de ella (Lessem *et al.* 1993). En los machos la cresta era más grande. Se desplazaban en grandes manadas y debieron estar constantemente en movimiento, debido a que la mayor parte del tiempo buscaban plantas para comer (Lessem *et al.* 1993). Vivían en planicies costeras o aluviales, en pantanos y ríos, donde la vegetación era más abundante.

Los hadrosaurios podían masticar su comida, dado que arrancaban las hojas de las ramas con su pico y luego las pasaban a la parte posterior del



Figura 14. Reconstrucción de un *Agujaceratops mariscalensis*. Ilustración: Marco A. Pineda Maldonado.



Figura 15. Cráneo de *Coahuilaceratops magnacuerna*. Foto: Héctor Rivera-Sylva.

hocico, donde poseían eficientes baterías dentales compuestas de filas de pequeños dientes. Un adulto podía llegar a tener más de mil dientes (Lessem *et al.* 1993).

Latirhinus

En 1987 inició un proyecto por parte de la UNAM, para el rescate de un dinosaurio encontrado en el municipio de Parras de la Fuente, Coahuila. Se recuperó 65% de este ejemplar, al que llamaron "Isauria" (Espinosa Arrubarrena *et al.* 1989). Era un espécimen juvenil de 7 m de largo y 2.2 m de altura a la cintura, con un peso estimado de 3 toneladas. Sin embargo, fue hasta el 2012 que se describió este nuevo género (Prieto-Márquez y Serrano-Brañas 2012).

El *Latirhinus* se caracteriza por poseer un arco nasal pronunciado (figura 16), que pudo haber servido para interactuar socialmente, al identificar sexos o escala social; incluso hay paleontólogos que han sugerido que servía para golpear al oponente en combates rituales con otros miembros de la manada. Este ejemplar se exhibe en el Museo de Geología de la UNAM, en Santa María la Ribera, Ciudad de México.



Figura 16. Esqueleto del *Latirhinus uitstlani* llamado "Isauria", montado en el Museo del Desierto. Foto: Priscila Enríquez.

Kritosaurus

Este dinosaurio herbívoro vivió hace 70 m.a., durante el periodo Cretácico tardío, en lo que ahora es Norteamérica (Weishampel *et al.* 2004). El primer ejemplar fue encontrado en Nuevo México por Barnum Brown en 1910, y su nombre significa "lagarto separado", debido a la fragmentación de los restos encontrados.

El *Kritosaurus* llegó a alcanzar un tamaño de 9 a 11 m de largo y alrededor de 4 t de peso (Lessem *et al.* 1993). En México los registros de restos de esta especie de hadrosaurio son comunes. El ejemplar descubierto en 2001 en Sabinas, Coahuila, es el más grande de todos los kritosaurios (figura 17), pues mide 11 m de largo, y es uno de los fósiles de dinosaurio más completos descubiertos en México, ya que se logró colectar 80% del total del esqueleto (Kirkland *et al.* 2006).

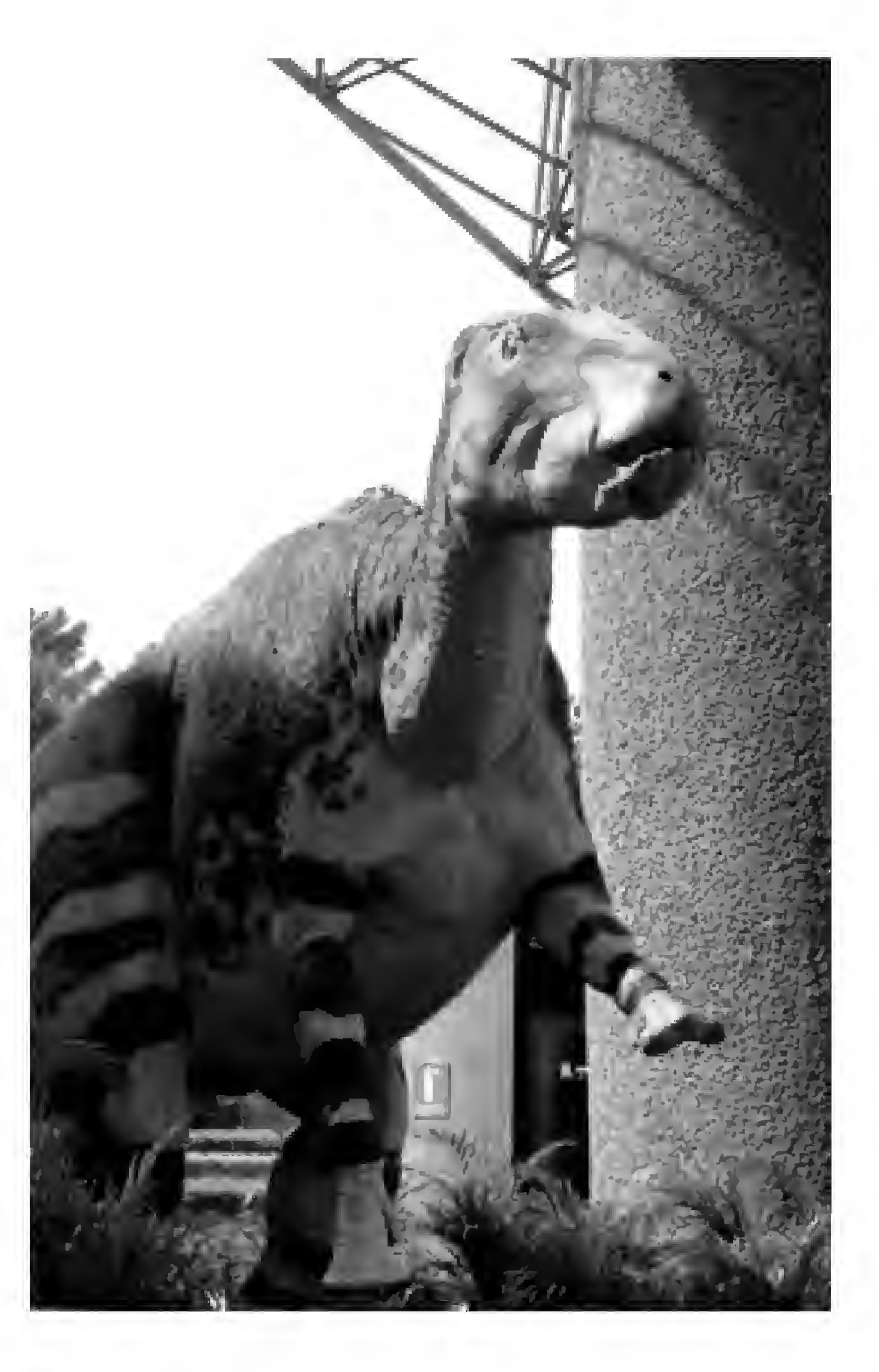


Figura 17. Robot de *Kritosaurus* basado en el ejemplar encontrado en Sabinas, Coahuila. Foto: Archivo fotográfico del Museo del Desierto.

Velafrons

El *Velafrons* (figura 18) tiene una edad aproximada de 73 m.a. y fue encontrado en 1995 en rocas pertenecientes a la Formación Cerro del Pueblo, cercanas al poblado de Rincón Colorado, en Coahuila. Tal hallazgo fue realizado por el equipo de investigadores de la Secretaría de Educación y Cultura de Coahuila. Los restos del ejemplar de *Velafrons coahuilensis* pertenecieron a un ejemplar juvenil, que llegó a medir alrededor de 6 m de largo (figura 19).

Fue descrito y dado a conocer por un equipo de paleontólogos mexicanos y de la Universidad de Utah, EUA, a finales del 2007 (Gates *et al.* 2007). Su nombre significa "frente con una vela de Coahuila". Es el único de su especie encontrado en el mundo y se suma a los pocos dinosaurios 100% mexicanos.

La extinción de los dinosaurios

Hay varias teorías sobre la extinción de los dinosaurios. La que tiene mayor evidencia científica indica que un cometa o asteroide del tamaño del monte Everest chocó contra la Tierra hace 65 m.a. (Powell 1998).

Como soporte de esta teoría, en varias partes del planeta se han encontrado anormalidades del elemento llamado iridio, en una capa depositada en los estratos correspondientes a finales de la era Mesozoica (figura 20). Como el iridio es un material encontrado en cantidades muy limitadas en la Tierra, pero abundante en meteoritos, los científicos concluyeron que esta anomalía contenía procedencia extraterrestre y que estaba relacionada con la extinción en masa de los dinosaurios y la vegetación, a finales del periodo Cretácico (Powell 1998).

Se infiere que el asteroide tenía aproximadamente 10 km de diámetro. Su entrada a la atmósfera fue devastadora, y con su energía pudo haber tenido un poder destructivo equivalente a 100 millones de bombas de hidrógeno (Álvarez 1997).

Esta evidencia hace suponer que el asteroide que impactó a la Tierra viajaba a una velocidad de aproximadamente 30 kilómetros por segundo. La compresión calentó el aire de forma casi instantánea, hasta que alcanzó una temperatura cuatro o cinco veces mayor que la del Sol (Álvarez 1997). El impacto provocó un gigantesco tsunami y levantó una enorme cantidad de polvo en la atmósfera (figura 21), capaz de hundir al planeta en la oscuridad total.

Se calcula que la temperatura debió bajar varios grados, mientras que las plantas, privadas de la luz solar, fueron incapaces de crecer, lo que provocó el inicio de la ruptura de la cadena alimenticia. La explosión debió causar la muerte de los animales herbívoros y, posteriormente, de los carnívoros que se alimentaban de ellos.



Figura 18. Reconstrucción de un *Velafrons coahuilensis*. Ilustración: Marco A. Pineda Maldonado.

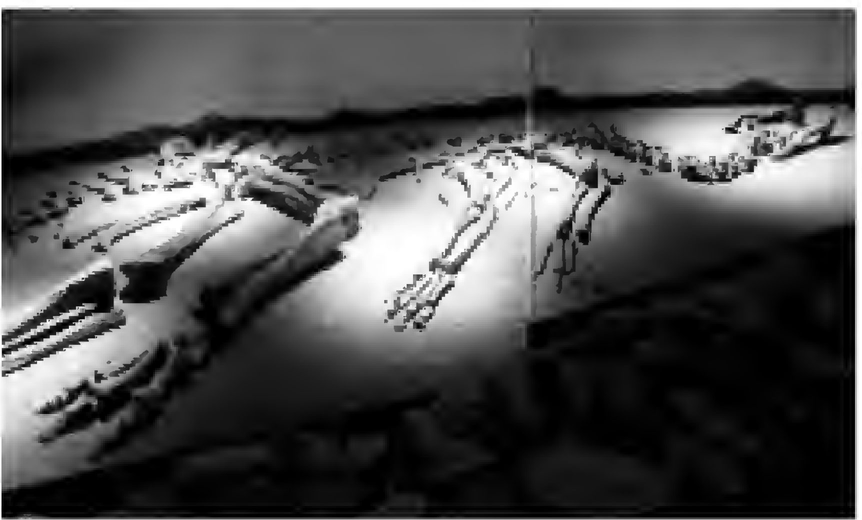


Figura 19. Esqueleto de *Velafrons coahuilensis* montado en el Museo del Desierto. Foto: Isela Lara Jiménez.

Principales localidades con hallazgos de dinosaurios en la entidad

Rincón Colorado

En 1980 un equipo de la UNAM, que estaba en busca de fósiles de mamíferos mesozoicos en la cuenca de Parras, conoció a José Rojas, quien tenía una amplia colección de fósiles provenientes del área de Rincón Colorado, municipio de General Cepeda (Espinosa Arrubarrena *et al.* 1989). En 1993 otro equipo de la UNAM hacía prospección al norte del poblado de Rincón Colorado, y encontró la localidad de José Rojas y un sitio apropiado para hacer una excavación.

El primer descubrimiento que se realizó en ese entonces fue la pierna expuesta de un hadrosaurio –pico de pato–, y pronto fueron encontrados muchos otros sitios fosilíferos en toda la colina (figura 22). Este lugar mostraba restos de una antigua cantera realizada por José Rojas, y allí todavía se pudieron encontrar impresiones de piel de hadrosaurio preservadas en los sedimentos rocosos de la base de la colina (Espinosa Arrubarrena *et al.* 1989).

En 1995, dentro del proyecto Dinosaurios de la cuenca de Parras, las excavaciones en Rincón Colorado llevaron al descubrimiento de más restos de dinosaurio, entre los cuales se hallaba uno que se extrajo hasta 2002, y que en 2008 fue identificado como ejemplar de una nueva especie con el nombre *Velafrons coahuilensis* (Gates *et al.* 2007; figura 23).

El incremento del interés del público en las canteras de Rincón Colorado derivó en la construcción del museo de sitio en el poblado del mismo nombre y el desarrollo de accesos en el lugar de las canteras. Esto, a su vez, fue parte de los factores que llevaron a la edificación en Saltillo de un museo más grande y con laboratorio: el Museo del Desierto, en donde se resguarda la Colección Paleontológica de Coahuila.

Después de los descubrimientos de Rincón Colorado se han encontrado muchas más localidades en toda la cuenca de Parras, pertenecientes a la Formación Cerro del Pueblo, que incluyen lugares con huellas de dinosaurio, como las descubiertas cerca del poblado de Porvenir de Jalpa, en el municipio de Parras (Rivera-Sylva y Espinosa-Chávez 2006).



Figura 20. La flecha muestra la capa de iridio que marca el final de la era Mesozoica –abajo– y el principio de la era Cenozoica –arriba–. Foto: Lucía Alfaro Ortíz.



Figura 21. Tsunamita encontrada en Ramos Arizpe, Coahuila, roca que fue formada por el tsunami que produjo el cometa que extinguió a los dinosaurios. Foto: Héctor Rivera-Sylva.



Figura 22. Vista panorámica de la localidad de Rincón Colorado. Foto: Héctor Rivera-Sylva.



Figura 23. Reconstrucción de Rincón Colorado hace 72 m.a., con el esqueleto de un *Velafrons coahuilensis*. Ilustración: Kenneth Carpenter.

Las Águilas

Esta localidad fue descubierta en la década de los noventa por el preparador del Museo del Desierto, José López Espinoza, a 4 km al este de Porvenir de Jalpa, y está en el municipio de General Cepeda, cerca de 50 km al oeste de Saltillo. Los sedimentos que contienen los huesos (figura 24) tienen una edad de aproximadamente 72 m.a. y fueron depositados en un delta cercano al mar (Vogt *et al.* 2015).

En este sitio fueron descubiertas huellas de dinosaurios en un mega yacimiento que mide cerca de 5 000 m² (figura 25). Se consideró que fueron dejadas por hadrosaurios, pero recientemente se reclasificaron como huellas de una manada de tyrannosáuridos. En el mismo lugar hay huellas de dinosaurios carnívoros, pertenecientes a ornithomímidos y dromaeosáuridos (Rivera-Sylva *et al.* 2015; figura 26).

En ocasiones las huellas son el único indicio que se tiene para saber de la presencia de un grupo de dinosaurios en una región. Si se encuentran estos rastros, indican que el animal vivió ahí, aunque no se hallen sus huesos fósiles. Por lo tanto, con el descubrimiento de sus huellas, se sabe que un territorio fue habitado por ciertos tipos de dinosaurios, en este caso carnívoros como los tyrannosáuridos y ornithomímidos, en General Cepeda, Sabinas y Parras.

Después de varias búsquedas en Las Águilas, en 2005 y 2010 se descubrieron fósiles de dinosaurios y otros vertebrados. En una sección de





Figura 24. Reconstrucción de un terópodo al dejar sus huellas sobre el lodo. Ilustración: Kenneth Carpenter.



Figura 25. Registro de huellas de una manada de tyrannosáuridos en la localidad de Las Águilas. Foto: Héctor Rivera-Sylva.

200 m de un río seco, se contaron 15 esqueletos de dinosaurios hadrosáuridos, huesos dispersos de dromaeosáuridos, dientes de tyrannosáurido (figura 27), fragmentos de caparazones de tortugas de concha blanda, cocodrilos y restos de un plesiosaurio (Rivera-Sylva *et al.* 2015). Más material fue descubierto en la parte suroeste de la colina: un cráneo en tres dimensiones de un cocodrilo dyrosáurido y numerosos ammonites en excelente estado de conservación (Rivera-Sylva *et al.* 2015).

En las últimas excavaciones realizadas en el lugar se descubrió un esqueleto parcial de un



Figura 26. Huellas realizadas por un dinosaurio dromaeosáurido en Las Águilas. Foto: Héctor Rivera-Sylva.



Figura 27. Dientes de tyrannosáurido encontrados en la localidad de Las Águilas. Foto: Isela Lara Jiménez.

hadrosaurio de mediano tamaño. Además se localizó un nuevo sitio con abundantes restos de hadrosaurios, algunos de los cuales muestran marcas de mordidas producidas por un tyrannosáurido.

Conclusión

El registro de fósiles de dinosaurios en México va desde el Jurásico temprano hasta el Cretácico tardío, y comprende una diversidad moderada de especies, al igual que varias huellas descubiertas en distintas localidades.

A pesar de que los restos óseos son muy abundantes, particularmente en la región sureste de Coahuila, la presencia de huellas de dinosaurios en la parte central del estado permite afirmar, con certeza, que éstos alcanzaron esas latitudes; por lo tanto el registro de nuevos especímenes puede brindar valiosos y variados conocimientos acerca de la diversidad de los dinosaurios, al igual que información paleobiológica, paleoecológica y paleogeográfica sobre el país.

La historia de los dinosaurios en México es de casi ocho décadas, pero su crecimiento apenas ha sido perceptible en los últimos años. Además el conocimiento de la parte sur de Norteamérica es pequeño, comparado con el de otros lugares del mundo con yacimientos mesozoicos.

El crecimiento de la paleontología en Coahuila y en México se debe efectuar junto con los paleontólogos aficionados, quienes, conscientes y responsables de la importancia de dar a conocer los nuevos descubrimientos al público, deben actuar en consecuencia y no guardar los fósiles en colecciones privadas, sino más bien donarlos a las instituciones pertinentes y ayudar a los expertos, al mantenerlos informados sobre nuevas localidades donde haya restos paleontológicos, ya que la mayoría de las veces son los aficionados quienes encuentran los mejores fósiles, pues pasan muchos fines de semana de búsqueda en el campo.

Sin los esfuerzos de los entusiastas aficionados, las colecciones de los museos serían mucho menores, y se sabría menos de los dinosaurios y de la historia de la vida en la Tierra. Es por eso que, a fin de alcanzar un beneficio común, se ha invitado en Coahuila a los paleontólogos amateurs a participar y colaborar de manera activa en la búsqueda de fósiles, pues los cimientos de esta ciencia fueron colocados por personas como ellos.

Referencias

Álvarez, W. 1997. *T. rex and the crater of doom*. Princeton University Press, EUA.

Buckland, W. 1824. Notice on *Megalosaurus* or great fossil lizard of Stonesfield. *Transactions of the Geological Society of London* 21:390-397.

Carpenter, K. 2012. Ankylosaurs. En: *The dinosauria*. T. Brett-Surman Hotz, Jr. y J.O. Farlow (eds.). Indiana University Press, Indiana, pp. 505-525.

Espinosa Arrubarrena, L., S.P. Applegate y R. Hernández Rivera. 1989. Crónica de una expedición paleontológica. *Ciencia y Desarrollo, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología* 15:23-32.

Gates, T.A., S.D. Sampson, C.R. Delgado de Jesús *et al.* 2007. *Velafrons coahulensis*, a new lambeosaurine hadrosaurid (Dinosauria: Ornithopoda) from the late Campanian Cerro del Pueblo Formation, Coahuila, Mexico. *Journal of Vertebrate Paleontology* 27(4):917-930.

Haarmann, E. 1913. Geologische streifzüge in Coahuila. *Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft* 65(1):18-46.

Hilton, R.P. 2003. *Dinosaurs and other Mesozoic reptiles of California*. University of California Press, California.

Holtz, Jr., T. 2012. Theropods. En: *The dinosauria*. T. Brett-Surman Hotz y J.O. Farlow (eds.). Indiana University Press, Indiana, pp. 346-378.

Horner, R. y J. Gorman. 1988. *Digging dinosaurs*. Workman Pub. Co., Nueva York.

Janensch, V.W. 1926. Dinosaurier-reste aus Mexiko. *Centralblatt für Mineralogie, Geologie und Paläontologie* 1926(8):192-197.

Kirkland, J.I., R. Hernández-Rivera y T. Gates. 2006. Large hadrosaurine dinosaurs from the latest Campanian of Coahuila, Mexico. *Late Cretaceous Vertebrates from the Western Interior. New Mexico Museum of Natural History and Science Bulletin* (35):299-315.

Lambe, L.M. 1910. Note on the parietal crest of *Centrosaurus apertus*, and a proposed new generic name for *Stereocephalus tutus*. *Ottawa Nature* (24):149-151.

Leidy, J. 1856. Notice of remains of extinct reptiles and fishes, discovered by Dr. F.V. Hayden in the badlands of the Judith river, Nebraska territory. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences in Philadelphia* (8)11-12:156-172.

Lehman, T.M. 1989. *Chasmosaurus mariscalensis*, sp. nov., a new ceratopsian from Texas. *Journal of Vertebrate Paleontology* 9(2):137-162.

Lessem, D., D.F. Glut, P. Dodson y T. Ford. 1993. *Dinosaur encyclopedia*. Random House, Nueva York.

Loewen, M., S.D. Sampson y E.K. Lund. 2010. Horned dinosaurs from the upper Cretaceous Cerro del Pueblo Formation, Coahuila, Mexico. En: *New perspectives on horned dinosaurs*. M.J. Ryan, B.J. Chinnery-Allgeier y D.A. Eberth (eds.). Indiana University Press, Indiana, pp. 99-116.

Lucas, S.G., R.M. Sullivan y A.P. Hunt. 2006. Re-evaluation of *Pentaceratops* and *Chasmosaurus* (Ornithischia: Ceratopsidae) in the upper Cretaceous of the Western interior. *Late Cretaceous Vertebrates from the Western Interior. New Mexico Museum of Natural History and Science Bulletin* (35):367-370.

Makovicky, P. 2012. Marginocephalia. En: *The complete dinosaur*. M.K. Brett-Surman, T.R. Holtz, Jr. y J.O. Farlow (eds.). Indiana University Press, Indiana, pp. 527-549.

Owen, R. 1842. Report on British Fossil Reptiles, part II. *Rep British Associations for the Advancement of Science* 1841:60-204.

Porras Múzquiz, H.G. y T.M. Lehman. 2011. A ceratopsian horncore from the Olmos Formation (early Maastrichtian) near Muzquiz, Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 28(2):262-266.

Powell, J.L. 1998. *Night comes to the Cretaceous: dinosaurs extinction and the transformation of modern geology*. W.H. Freeman Publications, Nueva York.

Prieto-Márquez, A. y C.I. Serrano-Brañas. 2012. *Latirhinus uitstlani*, a 'broad-nosed' saurolophine hadrosaurid (Dinosauria: Ornithopoda) from the late Campanian (Cretaceous) of northern Mexico. *Historical Biology* 24(6):607-619.

Rivera-Sylva, H.E. y B. Espinosa-Chávez. 2006. Ankylosaurid (Dinosauria: Thyreophora) osteoderms from the upper Cretaceous Cerro del Pueblo of Coahuila, Mexico. *Carnets de Géologie/Notebooks on Geology*. Brest, Letter 2006/02 (CG2006_L02). En: <*http://paleopolis.rediris.es/cg/CG2006_L02/*>, última consulta: 22 de junio de 2017.

Rivera-Sylva, H.E., K. Carpenter y F.J. Aranda-Manteca. 2011. Late Cretaceous nodosaurids (Ankylosauria: Ornithischia) from Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 28(3):371-378.

Rivera-Sylva, H.E., D.W.E. Hone y P. Dodson. 2012. Bite marks of a large theropod on an hadrosaur limb bone from Coahuila, Mexico. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana* 64(1):157-161.

Rivera-Sylva, H.E. y K. Carpenter. 2014a. The Ornithischian dinosaurs of Mexico. En: *Dinosaurs and other reptiles from the Mesozoic of Mexico*. H.E. Rivera-Sylva, K. Carpenter y E. Frey (eds.). Indiana University Press, Indiana, pp. 156-180.

——. 2014b. Mexican Saurischian dinosaurs. En: *Dinosaurs and other reptiles from the Mesozoic of Mexico*. H.E.

Rivera-Sylva, K. Carpenter y E. Frey (eds.). Indiana University Press, Indiana, pp. 143-155.

Rivera-Sylva, H.E., E. Frey, W. Stinnesbeck *et al.* 2015. The late Cretaceous Las Aguilas dinosaur graveyard, Coahuila, Mexico. *Journal of Vertebrate Paleontology*, SVP Program and Abstracts:203.

Rivera-Sylva, H.E., E. Frey, W. Stinnesbeck *et al.* 2017. Mexican ceratopsids: considerations on their diversity and biogeography. *Journal of South American Earth Sciences* 75:66-73.

Seeley, H.G. 1887. On the classification of the fossil animals commonly called dinosauria. *Proceedings of the Royal Society of London* 43:166-171.

Serrano-Brañas, C.I., E. Torres-Rodríguez, P.C. Reyes-Luna y C. González–León. 2016. A new ornithomimid dinosaur from the upper Cretaceous Packard Shale Formation (Cabullona Group) Sonora, Mexico. *Cretaceous Research* 58:49-62.

Silva-Bárcenas, A. 1969. *Localidades de vertebrados fósiles de la república mexicana*. Paleontología mexicana, 28. Instituto de Geología-UNAM, México.

Sternberg, C. 1928. A new armored dinosaur from the Edmonton Formation of Alberta. *Trans. Royal Society of Canada* 3(22):93-106.

Sues, H.D. 1978. A new small theropod dinosaur from the Judith River Formation (Campanian) of Alberta, Canada. *Zoological Journal of the Linnean Society* 62(4):381-400.

Vogt, M., W. Stinnesbeck, P. Zell *et al.* 2015. Age and depositional environment of the "dinosaur graveyard" at Las Aguilas, southern Coahuila, NE Mexico. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 441(4):758-769.

Weishampel, D.B., P.M. Barrett, R.A. Coria *et al.* 2004. Dinosaur distribution. En: *The dinosauria*. D.B. Weishampel, P. Dodson y H. Osmolska (eds.). University of California Press, California, pp. 517-606.

En busca de fósiles de dinosaurios

Héctor Eduardo Rivera Sylva, Wolfgang Stinnesbeck, José Manuel Padilla Gutiérrez y Arturo Homero González González

Introducción

El registro de fósiles de dinosaurios en el país abarca desde el periodo Jurásico temprano hasta el Cretácico tardío, e incluye una diversidad moderada de especies. Sin embargo, el estudio de los dinosaurios en México data de casi 100 años y apenas ha sido perceptible en las últimas décadas.

En Coahuila la paleontología se ha desarrollado de manera muy rápida, y se han descubierto varias especies en los últimos años, lo que ha posicionado al estado como el primero en tener la mayor diversidad de géneros encontrados en México, por lo que fue declarado como "tierra de dinosaurios".

Descubrir fósiles: el inicio del conocimiento

A través de la simple observación se puede saber si se ha encontrado un fósil de vertebrado, si se aprecia una estructura interna parecida a un panal de abejas, con aberturas muy pequeñas de entre 0.5 y 1 mm de diámetro (Parker y Bernor 1990). Los fósiles de dinosaurios tienen una coloración distinta a las rocas que los rodean. Además es muy probable que se encuentren dañados, compactados y aplastados, debido al arrastre que sufrieron por los diversos elementos. Muchas veces, para identificar un hueso fósil, se debe observar su estructura interna.

El proceso de búsqueda de fósiles es arduo; primero se debe buscar en una zona donde existan rocas de la era de los dinosaurios (Mesozoica), para poder determinar si hay fósiles y ver en qué estado de erosión se encuentran. Si se localizan huesos enterrados, se procede a realizar una búsqueda minuciosa en el área (figura 1), con el fin de descubrir más restos.



Figura1. Paleontólogos en una excavación, en busca de huesos asociados. Foto: Lucía Alfaro Ortiz.

Rivera-Sylva, H.E., W. Stinnesbeck, J.M. Padilla Gutiérrez y A.H. González González. 2018. En busca de fósiles de dinosaurios. En: *La biodiversidad en Coahuila. Estudio de Estado*, vol. II. CONABIO/Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza, México, pp. 63-65.

Cuando ya se tiene la mayoría de los huesos al descubierto, se mapea la excavación por medio de cuadrantes que forman cuadrículas de una unidad fija (por ejemplo 1 m). Algunas veces, en el mismo sitio, se añaden químicos para endurecer los huesos, y también se toman muestras de la tierra, para encontrar microfósiles y tener una idea del ambiente en el que vivió el dinosaurio.

Cuando ya se tomaron todas las muestras, se procede a hacer el *jacket* o férula de yeso, que consiste en colocar papel estaño cubierto de vendas mojadas en yeso sobre los restos (figura 2), con la finalidad de protegerlos en su transporte a un laboratorio para su estudio más detallado (Tanke 1994). Todo el trabajo debe ser documentado con fotografías y notas de campo, las cuales deben incluir un esquema de los huesos, un boceto del paisaje con puntos de referencia, fecha, notas de cómo llegar, nombres de los descubridores y demás información que pueda ser de utilidad (Parker y Bernor 1990).

La identificación de la especie a la que pertenecen los restos es muy difícil durante el proceso de excavación, y el paleontólogo sólo puede dar una aproximación científica. Una vez en el laboratorio, el proceso de limpieza puede tardar años. Primero se abre el *jacket* y se limpia la tierra con una brocha y, posteriormente, con percutores se quita la roca más dura que rodea al fósil. En las partes más delicadas se utilizan diversas herramientas de dentista, entre las que se encuentran las curetas (figura 3). Si el fósil presenta alguna ruptura, se rellena de yeso para estabilizarlo y evitar que se rompa.

Posteriormente los fósiles son pegados y las partes que faltan se reconstruyen; se fotografían,



Figura 2. Realización del *jacket* para la protección de un fósil de hadrosaurio. Foto: Lucía Alfaro Ortiz.



Figura 3. Limpieza mecánica de un fósil mediante percutor en el laboratorio de paleontología. Foto: Héctor Rivera-Sylva.

miden y analizan con mucho cuidado, antes que esta información pase a formar parte de un artículo de investigación o fragmento de un libro, lo cual se considera la culminación de la investigación paleontológica, pues se da a conocer un nuevo descubrimiento.

Si se determina que el fósil es importante, se hace un molde para exhibir una réplica. El original es guardado en la colección de un museo y queda disponible sólo para investigadores, principalmente debido a que los originales son muy delicados. En general las piezas originales se muestran en los museos cuando corresponden a fósiles comunes, o cuando se tiene una gran cantidad de ellos.

Conclusión

Gracias a la información resultante del estudio de los dinosaurios, desde que se descubren hasta que es publicada en revistas de divulgación científica, el público ha desarrollado una gran fascinación por estos animales extintos. Además se han armado interesantes y espectaculares exhibiciones en los museos de historia natural desde que el primer dinosaurio fue montado en 1868, lo que ha sido motivo de gran interés desde entonces (Carpenter 1997).

Más recientemente, con el avenimiento de la robótica y a través del estudio de la biomecánica aplicada en reconstrucciones de sistemas esqueléticos a partir de restos fósiles, se fabrican modelos que tratan de imitar las características de estos extraordinarios animales.

Referencias

Carpenter, K. 1997. Dinosaurs as museum exhibits. En: *The complete dinosaur*. M.K. Brett-Surman Jr., T. Hotz y J.O. Farlow (eds.). Indiana University Press, Indiana, pp. 151-164.

Parker, S. y R.L. Bernor. 1990. *The practical paleontologist*. Simon & Schuster Inc., Nueva York.

Tanke, D. 1994. Site documentation of macrovertebrate collecting. En: *Vertebrate paleontological techniques*. P. Leiggi y P. May (eds.). Cambridge University Press, Cambridge, pp. 81-92.



Reptiles mesozoicos

Héctor Eduardo Rivera Sylva, Eberhard Frey, Wolfgang Stinnesbeck, Arturo Homero González González y José Manuel Padilla Gutiérrez

En la era mesozoica vivieron, junto con los dinosaurios, animales de gran tamaño como cocodrilos, reptiles marinos y voladores, que también llegaron a su extinción hace 65 millones de años (m.a.; Powell 1998). Esta fauna se distribuía en zonas de costa, ampliamente presentes en la región, lo que propicia en la actualidad el descubrimiento de restos de tales tipos de animales en el territorio de Coahuila.

La gente por lo regular confunde a los reptiles con los dinosaurios, y una de las características que los diferencian es la posición de sus extremidades: los dinosaurios las tenían verticalmente debajo del cuerpo, como las aves, mientras que los reptiles voladores y marinos las tenían horizontales.

Los registros en la entidad datan del Jurásico y el Cretácico (150 a 72 m.a.); suman nueve géneros de reptiles marinos y sólo un representante de los reptiles voladores. Estos fósiles se han encontrado en los municipios de Saltillo, Ramos Arizpe, Parras, General Cepeda, Sabinas, Múzquiz y Ocampo.

Reptiles marinos

Mexichelys

Es un género extinto de tortuga marina que vivió hace 72 m.a. en donde actualmente se encuentra Coahuila. La única especie conocida es *Mexichelys coahuilaensis*. Este nombre asignado en 2010 remplazó al anterior, que era *Euclastes coahuilaensis* y había sido definido un año antes. El género presenta un cráneo ancho y bajo (figura 1). Su mandíbula era ideal para aplastar organismos de concha dura (Brinkman *et al*. 2009, Parham y Pyenson 2010).



Figura 1. Fósil de la tortuga *Mexichelys coahuilaensis*. Foto: Archivo fotográfico del Museo del Desierto.

Rivera-Sylva, H.E., E. Frey, W. Stinnesbeck, A.H. González González y J.M. Padilla Gutiérrez. 2018. Reptiles mesozoicos. En: *La biodiversidad en Coahuila. Estudio de Estado*, vol. II. CONABIO/Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza, México, pp. 67-72.

Deinosuchus

Hace 73 m.a. habitó un cocodrilo gigante llamado *Deinosuchus*. Sus fósiles fueron encontrados por primera vez en Montana y luego en Texas (Schwimmer 2002). También se han hallado restos fósiles en Georgia, Nueva Jersey, Carolina del Norte, al norte de Chihuahua y en el municipio de Ocampo, en Coahuila (Rivera-Sylva *et al.* 2011).

Este organismo (figura 2) llegó a medir hasta 12 m de largo y pesar 5 t (Schwimmer 2002). Se infiere que la manera de cazar de este reptil era parecida a la de los cocodrilos actuales, y que sus presas principales eran los hadrosaurios (Rivera-Sylva *et al.* 2011). Esto se deduce a partir del hallazgo, en el municipio de Ocampo, de restos de dinosaurios con marcas de dientes de esta especie de cocodrilo.

Brachychampsa

En el municipio de General Cepeda se han encontrado dientes de un cocodrilo pequeño llamado *Brachychampsa* (figura 3) muy común durante el Cretácico, hace 72 m.a. (Carbot Chanona *et al.* 2015). El género apareció a fines del Cretácico superior y se extinguió a principios del Paleoceno, unos cuantos millones de años después de la extinción masiva del Cretácico-Terciario (Powell 1998). Fue descubierto originalmente en la formación Hell Creek de Montana y descrito por Charles W. Gilmore en 1911.

Cricosaurus

Entre los restos fósiles de reptiles marinos presentes en el estado se encuentran los del *Cricosaurus*, el cual era muy similar a un cocodrilo con aletas. Es un género extinto de cocodriliforme marino perteneciente a la familia Metriorhynchidae (Fitzinger 1843). Fue nombrado por Johann Andreas Wagner en 1858, y su nombre significa “lagarto anillo”; vivió del Jurásico tardío al Cretácico temprano y tenía una dieta carnívora (Wagner 1860).

Especímenes fósiles han sido encontrados en depósitos del Jurásico tardío de Inglaterra,

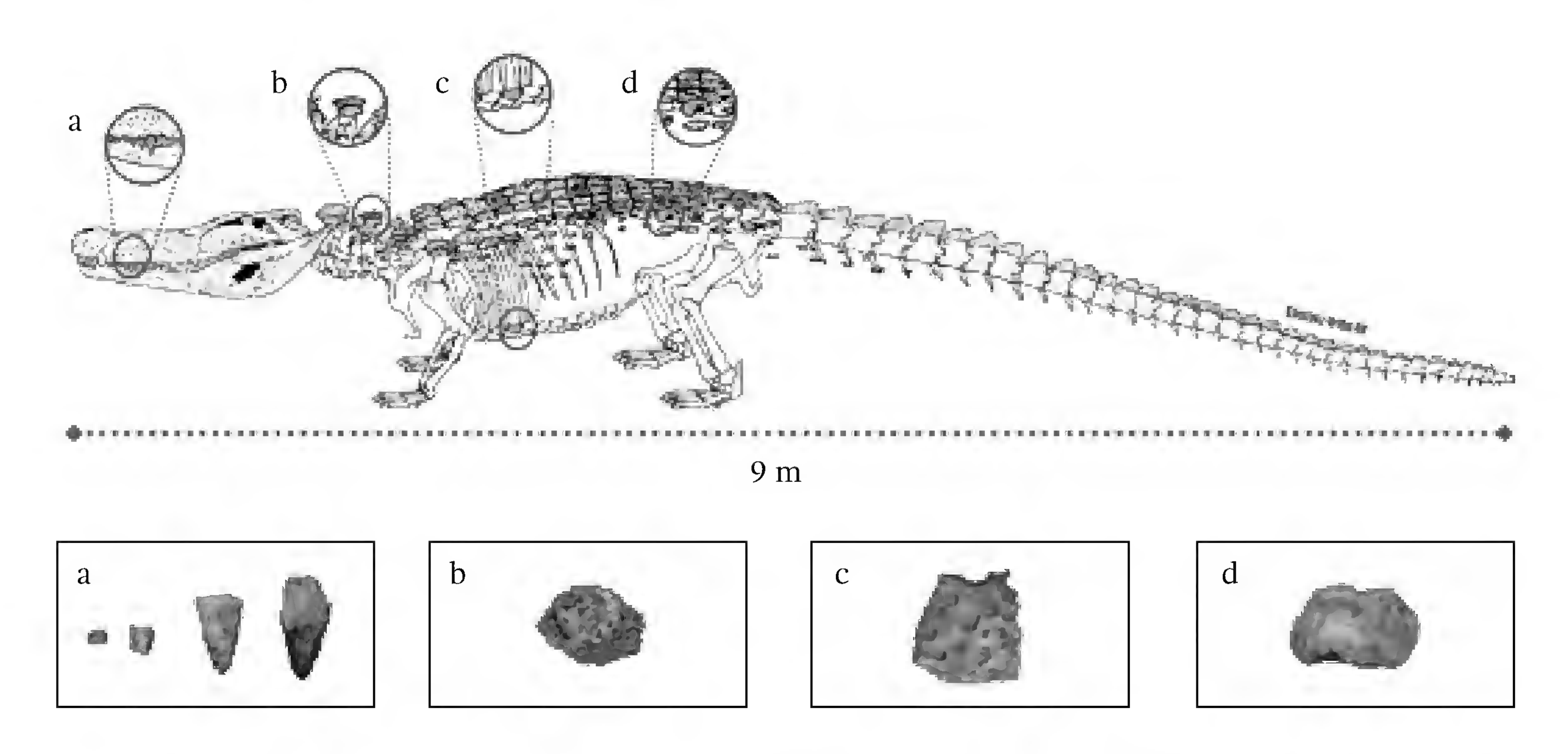


Figura 2. Esquema con los restos de *Deinosuchus riograndensis* encontrados en Coahuila. Fotos: Héctor Rivera-Sylva. Ilustración: Iván Sánchez Uribe.

Francia, Suiza, Alemania, Argentina, Cuba y México. Se han localizado fósiles de este género en Puebla (*Cricosaurus vignaudi*) y al sur de Coahuila, en el municipio de Saltillo (*Cricosaurus saltillensis*), y ambos son los únicos registros en el país.

Todas las especies conocidas tenían 3 m de largo o menos. Su cuerpo era hidrodinámico, y esto, junto con su cola con aleta, lo hacía un nadador más eficiente que los cocodrilos modernos.

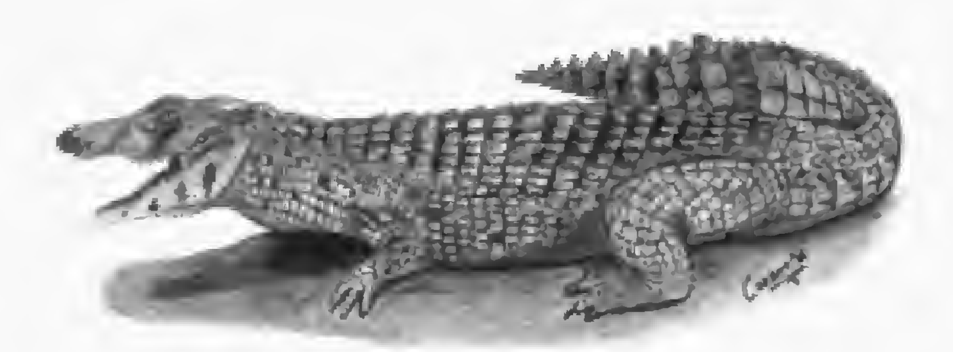


Figura 3. Reconstrucción del cocodrilo *Brachychampsa*. Ilustración: Gerardo Carbot Chanona 2016.

Pliosaurio

Fueron los reptiles marinos más grandes que han existido, y la cabeza medía de 3 a 4 m de largo (Buchy *et al.* 2003). Vivieron durante el Jurásico, hace aproximadamente 150 m.a. Eran carnívoros y su dieta también incluía peces y otros reptiles marinos como ictiosaurios o plesiosaurios. Sus fósiles se han encontrado principalmente en Inglaterra, Francia, Alemania y Nuevo León, en donde al ejemplar hallado (figura 4) se le ha conocido como ”El Monstruo de Aramberri” (Buchy *et al.* 2003). Otro ejemplar fue descubierto recientemente al sur de Saltillo, Coahuila (Buchy 2010).



Figura 4. Reconstrucción de un pliosaurio, mural en el Museo del Desierto. Ilustración: Guillermo de León. Foto: Isela Lara Jiménez.

Ophthalmosaurus

Es un género extinto de ictiosaurio del Jurásico medio y del Jurásico superior (entre 165 a 145 m.a). Debe su nombre a sus ojos extremadamente grandes, y la forma del animal era muy parecida a la de los delfines y tiburones, con los que no guarda ningún parentesco. El cuerpo medía 6 m de largo, con mandíbulas casi sin dientes (figura 5), bien adaptadas para atrapar calamares (Buchy 2010).

Los ojos alcanzaban los 10.16 cm de diámetro, dimensiones más que notorias en relación con su tamaño corporal. Dichos órganos ocupaban casi todo el espacio en el cráneo y estaban protegidos por placas óseas (el anillo esclerótico), que probablemente tenían la función de mantener la forma de los globos oculares contra la presión del agua en las zonas profundas (Buchy 2010).



Figura 5. Cráneo de *Ophthalmosaurus* encontrado en el municipio de Saltillo, cerca del poblado de Gómez Farías. Foto: Priscila Enríquez 2016.

El tamaño de los ojos y los anillos escleróticos sugieren que el *Ophthalmosaurus* cazaba en las profundidades donde no había mucha luz solar, o bien, cazaba de noche cuando sus presas eran más activas. Los mayores hallazgos fósiles realizados para este género han sido en Europa y Norteamérica, y en Coahuila se han encontrado algunos esqueletos de estos animales en la zona de Saltillo (Buchy 2010).

Brachypterygius

Es un género de ictiosaurio, miembro de la familia de los oftalmosáuridos, que vivió a finales del periodo Jurásico. Su fisonomía es similar al anterior, sólo que de mayor tamaño. Fue nombrado por Friedrich von Huene en 1922 con base en un ejemplar descubierto en estratos jurásicos, en el área de Bath, Inglaterra (Buchy y López Oliva 2009). Sus fósiles han sido hallados en Inglaterra, Rusia y México. En Coahuila fue encontrado un ejemplar de alrededor de 7 m de largo (figura 6), en la sierra de Parras, municipio de Parras de la Fuente (Buchy y López Oliva 2009).



Figura 6. Ictiosaurio del género *Brachypterygius* sp., exhibido en el Museo del Desierto y encontrado en el rancho El Sombrero, en Coahuila. Foto: Priscila Enríquez.

Mosasaurio

Este reptil marino vivió durante el Cretácico, entre 70 y 65 m.a., en lo que actualmente es Europa y Norteamérica. Su nombre hace referencia al hecho de que el primer espécimen fue hallado cerca del río Mosa, en Holanda (Conybeare 1822).

Las patas del mosasaurio estaban modificadas de tal forma que más bien eran aletas hidrodinámicas (figura 7), con las delanteras más grandes que las posteriores. Llegó a alcanzar longitudes de hasta 15 m. El cráneo estaba fuertemente constituido, ya que la mandíbula se articulaba muy apretadamente contra el resto. Tenía un cuerpo amplio en forma de barril, y grandes ojos, pobre visión binocular y bulbos olfatorios mal desarrollados.

Se cree que vivía cerca de la superficie del océano, donde se alimentaba de peces, tortugas y ammonites (Benes 1979). En los mares cretácicos de Coahuila habitaron mosasaurios, como lo pueden constatar los restos –que abarcan desde algunas vértebras hasta dientes– que se han encontrado en varios municipios como Múzquiz, Ocampo y General Cepeda.



Figura 7. Reconstrucción de un mosasaurio en un mural del Museo del Desierto. Ilustración: Guillermo de León. Foto: Isela Lara Jiménez.

El reptil volador de Coahuila

Muzquizopteryx

Es un género de pterosaurios pterodactiloideos (figura 8) que vivió en el Cretácico superior hace aproximadamente 90 m.a. en Coahuila



Figura 8. *Muzquizopteryx coahuilensis*, el primer reptil volador del noreste de México. Foto: Archivo fotográfico del Museo del Desierto.

(Frey *et al.* 2006). En la década de los noventa, José Martínez Vásquez, trabajador de la cantera El Rosario, municipio de Múzquiz; descubrió un esqueleto de pterosaurio (Frey *et al.* 2006). Lo entregó a un funcionario de la empresa, que lo situó como pieza decorativa en una pared de su oficina.

Después de evaluar su valor científico, los directivos del Museo del Desierto realizaron las gestiones necesarias para que el espécimen fuera estudiado y, posteriormente, depositado en la Colección Nacional de Paleontología que se encuentra bajo la custodia de la UNAM. El fósil fue estudiado por un equipo internacional e interinstitucional conformado por la propia UNAM, el Museo de Karlsruhe, la Universidad de Heidelberg y el Museo del Desierto. Fue descrito en 2006 y se nombró en alusión al lugar donde fue descubierto, ya que su nombre significa "ala de Múzquiz".

El *Muzquizopteryx* era relativamente pequeño para ser un pterosaurio; tenía una envergadura de cerca de 2 m, con una cabeza alargada, las mandíbulas desdentadas y un perfil superior convexo, el cual finalizaba, en la parte posterior de la cabeza, en una cresta corta y redondeada que apuntaba hacia atrás (Frey *et al.* 2006).

Conclusión

Los nuevos géneros descritos en Coahuila, hasta 2017, son exclusivos de México, y permiten inferir que las condiciones ambientales en el norte del país eran diferentes a las que prevalecían en Estados Unidos y Canadá, debido a que existe

una clara diferencia entre los organismos descubiertos en la entidad y los de aquellas regiones, lo cual desestima las afirmaciones anteriores de que el ambiente era el mismo en todo el subcontinente norteamericano durante el Cretácico superior.

Referencias

Benes, J. 1979. *Prehistoric animals and plants*. Transatlantic Arts, Prague.

Brinkman, D., M.C. Aguillón, C.A.L. Dávila *et al.* 2009. *Euclastes coahuilensis* sp.nov., a basal cheloniid turtle from the late Campanian Cerro del Pueblo Formation of Coahuila state, Mexico. *PaleoBios* 28(3):76-88.

Buchy, M.C. 2010. First record of *Ophthalmosaurus* (Reptilia: Ichthyosauria) from the Tithonian (upper Jurassic) of Mexico. *Journal of Paleontology* 84(1):149-155.

Buchy, M.C., E. Frey, W. Stinnesbeck y J.G. López Oliva. 2003. First occurrence of a gigantic pliosaurid plesiosaur in the late Jurassic (Kimmeridgian) of Mexico. *Bulletin de la Société Géologique de France* 174(3):271-278.

Buchy, M.C. y J.G. López Oliva. 2009. Occurrence of a second ichthyosaur genus (Reptilia: Ichthyosauria) in the late Jurassic gulf of Mexico. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana* 61(2):233-238.

Carbot-Chanona, G., H.E. Rivera-Sylva, R. Vivas-González *et al.* 2015. Primeros restos de un aligatórido globidonto en la Formación Cerro del Pueblo (Campaniano), Coahuila, México. En: *Programa de resúmenes. xiv Congreso Nacional de Paleontología*. Sociedad Mexicana de Paleontología, Coahuila.

Conybeare, W.D. 1822. On the discovery of an almost perfect skeleton of the *Plesiosaurus*. *Transactions of the Geological Society of London* 2(1):382-389.

Fitzinger, L.J.F.J. 1843. *Systema reptilium*. Braumüller et Seidel Ed., Viena.

Frey, E., M.C. Buchy, W. Stinnesbeck *et al.* 2006. *Muzquizopteryx coahuilensis* n.g., n.sp., a nyctosaurid pterosaur with soft tissue preservation from the Coniacian (late Cretaceous) of northeastern Mexico (Coahuila). *Oryctos* (6):19-39.

Gilmore, C.W. 1911. A new fossil alligator from the Hell Creek Beds of Montana. *Proceedings of the United States National Museum* 41:297-302.

Parham, J.F. y N.D. Pyenson. 2010. New sea turtle from the Miocene of Peru and the iterative evolution of feeding ecomorphologies since the Cretaceous. *Journal of Paleontology* 84(2):231-247.

Powell, J.L. 1998. *Night comes to the Cretaceous: dinosaurs extinction and the transformation of modern geology*. W.H. Freeman Publications, Nueva York.

Rivera-Sylva, H.E., K. Carpenter y F.J. Aranda-Manteca. 2011. Late Cretaceous nodosaurids (Ankylosauria: Ornithischia) from Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 28(3):371-378.

Schwimmer, D.R. 2002. *King of the crocodylians. The paleobiology of deinosuchus*. Indiana University Press, Indiana.

Wagner, A. 1860. Zur kenntniss der saurier aus den lithographischen schiefern. *Abhandlungen der Mathematisch-Physikalischen Classe der Königlich Bayerischen Akademie der Wissenschaften* (8):415-528.

Tesoros paleontológicos: la increíble evidencia en las canteras laminares y el mar de la muerte

Wolfgang Stinnesbeck, Eberhard Frey, Héctor Eduardo Rivera Sylva, Arturo Homero González González y José Manuel Padilla Gutiérrez

El norte de Coahuila es una zona de paisajes impresionantemente áridos. Se extiende por varios cientos de kilómetros al norte de la pequeña ciudad de Múzquiz y en paralelo a las cordilleras boscosas del Área de Protección de Flora y Fauna Maderas del Carmen, municipio de Ocampo, rumbo a la frontera con Texas, en las subprovincias Serranía del Burro y Llanuras de Coahuila y Nuevo León.

Durante el Cretácico tardío, entre 100 y 70 millones de años (m.a.), esta región despoblada fue cubierta por el mar que se generó a consecuencia de la formación y ampliación del golfo de México y del océano Atlántico, respectivamente (Goldhammer y Johnson 2001). La abundancia de fósiles en estos sedimentos revela que este mar era cálido, y que la costa más cercana se ubicó a cientos de kilómetros de distancia. Esto se evidencia por los hallazgos de fauna de mar abierto y la ausencia de organismos terrestres y litorales.



Figura 1. Paisaje del norte de Múzquiz, Coahuila. Las calizas laminares de la cantera El Rosario afloran en las faldas de la sierra del Carmen y destacan por sus tonos blancos. Sobreyacen a esta unidad rocas volcánicas terciarias con tonos rojizos. Foto: Wolfgang Stinnesbeck.

En la zona del noreste de México se encuentra una serie de pequeñas canteras de las que se extraen delgadas láminas de piedra caliza (figura 1). La extracción de las lajas es un trabajo artesanal y duro, se realiza a mano, con talache, martillo, cinceles y largos palos de hierro con los cuales se levantan las lajas.

La piedra extraída se utiliza para fabricar baldosas y láminas para pisos, y se transporta hasta las ciudades de Monterrey y Saltillo, o

Stinnesbeck, W., E. Frey, H.E. Rivera-Sylva, A.H. González González y J.M. Padilla Gutiérrez. 2018. Tesoros paleontológicos: la increíble evidencia en las canteras laminares y el mar de la muerte. En: *La biodiversidad en Coahuila. Estudio de Estado*, vol. II. CONABIO/Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza, México, pp. 73-77.

bien, cruza la frontera hacia el norte hasta San Antonio, Texas. Sin demeritar el valor económico y la generación de empleos de este aprovechamiento, geólogos y paleontólogos consideran que su valor científico es invaluable, ya que cada capa de piedra caliza representa una página en el libro petrificado del Cretácico y, por tanto, en la historia de la formación de la Tierra.

El secreto paleontológico de las calizas laminares

Las láminas de piedra caliza conservan restos fósiles de seres vivos del Cretácico. Lo interesante es que se preservaron no solamente las partes duras, como huesos y conchas, sino también los tejidos blandos de los organismos, como membranas, tendones, aletas, escamas y hasta contenido estomacal (Stinnesbeck *et al.* 2005, Alvarado-Ortega *et al.* 2006, Frey *et al.* 2006, Ifrim *et al.* 2007, Vega *et al.* 2007, Giersch *et al.* 2010, 2011, Frey *et al.* 2012, Riquelme *et al.* 2013, Ifrim *et al.* 2014, Nyborg *et al.* 2014, Porras-Múzquiz *et al.* 2014).

La información que proporcionan estos restos paleontológicos incluye detalles de especies extintas de reptiles marinos y voladores, aves, peces e invertebrados que no se preservan bajo condiciones normales. Por ello se consideran verdaderas joyas paleontológicas que merecen especial atención, ya que ofrecen la oportunidad de reconstruir datos fisiológicos de organismos individuales y de sus relaciones ecológicas con individuos de la misma especie y de otras especies.

A partir de tales hallazgos se ha logrado reconstruir líneas evolutivas y comunidades biológicas enteras, igual que la morfología completa de animales y plantas (Frey *et al.* 2006, Giersch *et al.* 2011, Riquelme *et al.* 2013, Nyborg *et al.* 2014).

Por todo lo anterior, las localidades de lajas de caliza al norte de Múzquiz merecen atención y protección como patrimonio natural de la humanidad, ya que abren una ventana hacia el mundo marino del Cretácico, y resulta irónico el hecho de que la exposición de las capas fosilíferas en la región y, en consecuencia, el hallazgo de los fósiles es resultado de la operación de canteras que explotan las lajas y su contenido fosilífero con fines comerciales, como material de construcción.

Las joyas paleontológicas

Los ejemplares que mayormente se encuentran en estas canteras son ammonites (figuras 2 y 3), almejas, cangrejos y una gran variedad de peces. También fueron descubiertos los restos de un ave acuática, desconocida previamente para México (Porras-Múzquiz *et al.* 2014), así como un mosasáurido, lagarto marino de aproximadamente 8 m de largo, considerado cercano biológicamente a las iguanas (Buchy *et al.* 2005).

Otro fósil de esta región es un reptil volador conservado casi en su totalidad. Se recuperó de la pared de la oficina de un ingeniero en minas. Luego de las investigaciones correspondientes, resultó ser el primer nyctosaurio hallado en México, y recibió el nombre de *Muzquizopteryx coahuilensis*, en honor a la ciudad de Múzquiz y a Coahuila (Frey *et al.* 2006, 2012).



Figura 2. Ammonite del Cretácico tardío de las calizas laminares al norte de Múzquiz. Foto: Wolfgang Stinnesbeck.

Este fósil tan completo proviene de las calizas laminares de la cantera El Rosario, al norte de Múzquiz. La cabeza del animal está preservada al lado izquierdo de la laja, la columna vertebral se extiende en el centro y es articulada. Las extremidades anteriores, o alas, están anguladas y se extienden hacia la izquierda y derecha. Hacia arriba, igualmente angulados pero de mucho menor tamaño, se encuentran los huesos articulados de las extremidades posteriores, o piernas.

En otras canteras, en el valle de Cuatro Ciénegas, se descubrió el primer calamar téutido cretácico del continente americano, llamado *Glyphiteuthis rhinopora*, y una nueva especie de pez mackarel, mientras que otros peces del grupo de los arenques esperan aún su descripción formal. Éstos representan los primeros hallazgos para el hemisferio occidental (Fuchs *et al.* 2010, Giersch *et al.* 2011).



Figura 3. Concha mal preservada de un ammonite procedente de las calizas laminares al norte de Múzquiz. Contiene tres pequeños peces fósiles en la cavidad terminal, los cuales se observan de color marrón. Los peces entraron a la concha vacía del ammonite, tal vez en búsqueda de protección o para comer restos de los tejidos blandos. En ese momento la concha que flotaba sobre el fondo marino debe haber cambiado su posición, y tapó la apertura de tal modo que los peces quedaron atrapados. Foto: Wolfgang Stinnesbeck.

El mar de la muerte

A través de millones de años, la presión sobre el fangoso fondo marino en el territorio coahuilense formó delgadas capas de cal, y en ellas quedaron los restos de animales, conchas de ammonites y otros moluscos. De esta forma, durante el paso de tanto tiempo, se creó una capa de sedimentos que engrosó hasta alcanzar varios centenares de metros de espesor (Goldhammer y Johnson 2001).

Los sedimentos son producto de dos procesos paralelos: la acumulación de lodo calcáreo en el fondo marino y el simultáneo hundimiento de éste. Posteriormente, al final del periodo Cretácico, los sedimentos fueron comprimidos, plegados y levantados por fuerzas que desplazaron las placas continentales. Actualmente estas capas forman las cadenas montañosas de la Sierra Madre Oriental y del Altiplano en México (Stinnesbeck y Frey 2014).

Los fósiles sólo se pudieron conservar en las calizas laminares, debido a que en el fondo del mar del Cretácico tardío no existían corrientes, por lo que el agua en esta zona estaba prácticamente putrefacta y, por lo tanto, libre de oxígeno (Stinnesbeck *et al.* 2005, Ifrim *et al.* 2011).

En este inhóspito ambiente del fondo marino sólo sobrevivieron los *Inoceramus*, extraños ostiones muy resistentes, que lograron adaptarse a las condiciones desfavorables, al poder respirar sulfuro de hidrógeno (H_2S), un gas tóxico resultado de la putrefacción, que estaba disuelto en el agua en vez del oxígeno (Ifrim *et al.* 2011, 2014). Los animales de presa y carroñeros evitaban la zona mortal, por lo que los cadáveres de los peces y reptiles quedaron bien preservados y completos.

El proceso natural de descomposición después de la muerte de los organismos usualmente da como resultado la destrucción de cualquier

vestigio de su existencia. Los restos de todos los organismos muertos sirven, en última instancia, como alimento o fuente de materiales para los organismos vivos, por medio del ciclo de los nutrientes. Sin embargo, en un ambiente hostil, con poco o nada de oxígeno, dichos ciclos se interrumpen y se logran depositar cadáveres enteros.

De esta forma, en este mar arcaico que se encontraba en Múzquiz, la falta de oxígeno hizo más lento el proceso de descomposición de los cadáveres. Poco a poco sus huesos y partes blandas fueron reemplazados por minerales disueltos en el agua, especialmente por el fosfato de calcio, y el resultado fue que en el fino lodo calcáreo no sólo quedaron conservados los huesos, sino también las estructuras de aletas, escamas, branquias e incluso restos de músculos (Stinnesbeck *et al.* 2005, Riquelme *et al.* 2013).

Las gigantescas zonas de piedra caliza al norte de Coahuila se formaron en mar abierto, y probablemente son consecuencia de un extenso, e incluso catastrófico, deterioro global del sistema de corrientes oceánicas (Ifrim *et al.* 2011). El plancton proliferó, producto de temperaturas del agua que sobrepasaban en más de 10 °C a las actuales (Bice *et al.* 2006).

En el microscopio electrónico, con un aumento de 2 000 a 3 000 veces, se pueden identificar elementos esqueléticos desintegrados de algas verde-amarillas conocidas como cocolitofóridos, las cuales son seres planctónicos. La enorme cantidad de restos de cocolitofóridos, que ya de por sí puede ascender a varios millones de ejemplares por cm^3, se explica por la ocurrencia de episodios de reproducción masiva de las algas (Stanley *et al.* 2005, Omaña *et al.* 2013).

Los foraminíferos son otro grupo biológico presente en grandes cantidades, y que tiende a tener dimensiones individuales mayores a las observadas en los cocolitofóridos, ya que sus conchas tienen dimensiones de entre 0.1 y 1 mm (Loeblich y Tappan 1964). Estos protozoarios pertenecen al mismo grupo que las amebas, pero flotaron en el mar, por lo que formaron parte del plancton marino, igual que muchos de sus representantes actuales (Loeblich y Tappan 1964).

Recurrentemente estos microorganismos morían en masa y convertían áreas del océano en un caldo mal oliente (Omaña *et al.* 2013). El plancton muerto se acumulaba en el fondo marino y se pudría, por lo cual era consumido todo el oxígeno disuelto en el agua.

Debido a que estaban ausentes las corrientes profundas, el agua no se mezclaba y su contenido de oxígeno bajó a niveles mínimos; así se formaron enormes zonas muertas en las profundidades del mar, donde moría prácticamente cualquier ser viviente que cruzara.

En el golfo de México y en otros lugares aún hoy en día se forman zonas muertas parecidas, con concentraciones de oxígeno extremadamente bajas (Murrell y Lehrter 2011). En la actualidad, al igual que hace 90 m.a., la presencia de aguas tibias es la razón principal de la incidencia de episodios de alta proliferación de plancton (Hallegraeff 2010). De esta manera cabe preguntar: ¿encontrarán los paleontólogos del futuro abundantes y reveladores fósiles, como lo hacen los equipos de investigadores en el actual noreste de México?

Conclusión

Las calizas laminares del norte de Coahuila representan localidades excepcionales debido a la excelente preservación de los fósiles. Es en estas “joyas paleontológicas” donde se logran estudiar detalles biológicos de los fósiles marinos y donde se pueden reconstruir las redes ecológicas entre las especies.

Referencias

Alvarado-Ortega, J., A. Blanco-Piñón y H. Porras-Múzquiz. 2006. Primer registro de *Saurodon* (Teleostei: Ichthyodectiformes) en la cantera La Mula, Grupo Eagle Ford

(Cretácico superior: Turoniano), Múzquiz, estado de Coahuila, México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 23(1):107-112.

Bice, K.L., D. Birgel, P.A. Meyers *et al.* 2006. A multiple proxy and model study of Cretaceous upper ocean temperatures and atmospheric CO_2 concentrations. *Paleoceanography* 21:PA2002.

Buchy, M.C., K.T. Smith, E. Frey *et al.* 2005. Annotated catalogue of marine squamates (Reptilia) from the upper Cretaceous of northeastern Mexico. *Netherlands Journal of Geosciences* 84:195-205.

Frey, E., M.C. Buchy, W. Stinnesbeck *et al.* 2006. *Muzquizopteryx coahuilensis* n.g., n.sp., a nyctosaurid pterosaur with soft tissue preservation from the Coniacian (late Cretaceous) of northeastern Mexico (Coahuila). *Oryctos* (6):19-39.

Frey, E., R. Elgin, W. Stinnesbeck *et al.* 2012. A new specimen of nyctosaurid pterosaur, cf. *Muzquizopteryx* sp. from the late Cretaceous of northeast Mexico. *Revista de la Sociedad Geológica Mexicana* 29(1):131-139.

Fuchs, D., W. Stinnesbeck, C. Ifrim *et al.* 2010. *Glyphiteuthis rhinophora* n.sp., a trachyteuthidid (Coleoidea, Cephalopoda) from the Cenomanian (late Cretaceous) of Mexico. *Paläontologische Zeitschrift*. En: <*https://www.researchgate.net/publication/226590269_Glyphiteuthis_rhinophora_n_sp_a_trachyteuthidid_Coleoidea_Cephalopoda_from_the_Cenomanian_Late_Cretaceous_of_Mexico*>, última consulta: 28 de junio de 2017.

Giersch, S., E. Frey, W. Stinnesbeck y A.H. González González. 2010. *Pachyrhizodus caninus* Cope 1872 (Teleostei, Crossognathiformes) from the early Turonian of Vallecillo (Mexico). *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie* 258(2):219-228.

Giersch, S., E. Frey, C. Ifrim *et al.* 2011. *Scombroclupea occidentalis* sp.nov. (Clupeiformes, Teleostei) from the late Cretaceous (Cenomanian) Plattenkalk deposits of Coahuila (NE Mexico). *Swiss Journal of Geosciences* 104(1):73-84.

Goldhammer, R.K. y C.A. Johnson. 2001. Middle Jurassic-upper Cretaceous paleogeographic evolution and sequence-stratigraphic framework of the northwest gulf of Mexico rim. En: *Gulf of Mexico origin, waters and biota*. Vol. 3. C. Bartolini, R.T. Buffer y A. Cantú-Chapa (eds.). Texas A&M University Press, Texas, pp. 45-81.

Hallegraeff, G.M. 2010. Ocean climate change, phytoplankton community responses and harmful algal blooms: a formidable predictive challenge. *Journal of Phycology* (46):220-235.

Ifrim, C., W. Stinnesbeck y E. Frey. 2007. Upper Cretaceous (Cenomanian-Turonian and Turonian-Coniacian) open marine plattenkalk-deposits in NE Mexico. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie Abhandlungen* 245(1):71-81.

Ifrim, C., S. Götz y W. Stinnesbeck. 2011. Fluctuations of the oxygen-minimum-zone at the end of oceanic anoxic event 2 reflected by benthic and plantik fossils. *Geology* 39(11):1043-1046.

Ifrim, C., F. Wiese y W. Stinnesbeck. 2014. Inoceramids and biozonation across the Turonian-Coniacian boundary (upper Cretaceous) at El Rosario, Coahuila, northeastern Mexico. *Newsletters on Stratigraphy* 47(2):211-246.

Loeblich, A.R., Jr. y H. Tappan. 1964. Protista 2, Sarcodina, chiefly "Thecamoebians" and Foraminiferida. En: *Treatise on invertebrate paleontology*. Part C, 2 vols. R.C. Moore (ed.). Geological Society of America y University of Kansas Press, Kansas, pp. 1-511.

Murrell, M.C. y J.C. Lehrter. 2011. Sediment and lower water column oxygen consumption in the seasonally hypoxic region of the Louisiana Continental Shelf. *Estuaries and Coasts* 34(5):912-924.

Nyborg, T., C. Ifrim, J.A. Moreno-Bedmar *et al.* 2014. Late Cretaceous fish cans: fish preserved in ammonite body chambers from the middle Santonian of Coahuila state, northeastern Mexico. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie Abhandlungen* 273(1):75-88.

Omaña, L., J.R. Torres, R.A. López-Doncel y G. Alencáster. 2013. A pithonellid bloom in the Cenomanian-Turonian boundary interval from Cerritos in the western Valles-San Luis Potosi platform, Mexico: paleoenvironmental significance. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 31(1):28-44.

Porras-Múzquiz, H.G., S. Chatterjee y T.M. Lehman. 2014. The carinate bird Ichthyornis from the upper Cretaceous of Mexico. *Cretaceous Research* (51):148-152.

Riquelme, F., J. Alvarado-Ortega, J.L. Ruvalcaba-Sil *et al.* 2013. Chemical fingerprints and microbial biomineralization of fish muscle tissues from the late Cretaceous Muzquiz Lagerstätte, Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 30(2):417-435.

Stanley, S.M., J.B. Ries y L.A. Hardie. 2005. Seawater chemistry, coccolithophore population growth, and the origin of Cretaceous chalk. *Geology* 33(7):593-596.

Stinnesbeck, W., C. Ifrim, H. Schmidt *et al.* 2005. A new lithographic limestone deposit in the upper Cretaceous Austin Group at El Rosario, county of Muzquiz, Coahuila, northeastern Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 22(3):401-418.

Stinnesbeck, W. y E. Frey. 2014. Paleogeography and paleoenvironment of Mexico during the Mesozoic. En: *Dinosaurs and other reptiles from the Mesozoic of Mexico*. H.E. Rivera-Sylva, K. Carpenter y E. Frey (eds.). Indiana University Press, Indiana, pp. 13-29.

Vega, F.J., T.G. Nyborg, A. Rojas-Briceño *et al.* 2007. Upper Cretaceous crustacea from Mexico and Colombia: similar faunas and environments during Turonian times. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 24(3):403-422.



Lo más reciente en la historia geológica: la era del hielo

Arturo Homero González González, Wolfgang Stinnesbeck, Eberhard Frey, Héctor Eduardo Rivera Sylva y José Manuel Padilla Gutiérrez

La megafauna

Al revisar la carta geológica de Coahuila, es fácil observar cómo la mayor parte de las rocas que afloran en la superficie del territorio remiten a formaciones sedimentarias que se originaron, principalmente, en ambientes marinos durante la era Mesozoica, o incluso hasta del periodo Pérmico (Stinnesbeck y Frey 2014).

Estas rocas originarias fueron erosionadas y retrabajadas por procesos naturales, tales como el viento y el agua, y forman otro tipo de depósitos sedimentarios: las gravas y arenas. En ellos es frecuente encontrar fósiles más recientes en edad, que corresponden al Pleistoceno, periodo en la historia planetaria que coloquialmente se conoce como "era del hielo".

En dicha era ocurrieron enfriamientos globales seguidos de calentamientos, con alternancias relativamente regulares de tiempo de, aproximadamente, 100 000 años cada uno. Estos cambios globales en la temperatura media de la Tierra se han definido como periodos glaciares, más fríos, e interglaciares, más cálidos, como en la actualidad.

Los estudios del Pleistoceno en Coahuila son escasos y presentan poca información; la mayor parte mencionan mamíferos extintos típicos de las praderas de Norteamérica (Miller *et al.* 2011). La mayoría de los trabajos sobre fósiles reportan edades rancholabreanas, de entre 24 000 y 11 000 años antes del presente (a.p.).

Las especies de mamíferos registradas para este periodo en la entidad son: conejo (*Sylvilagus leonensis*), liebre (*Lepus* sp.), tuza (*Pappogeomys* cf. *castanops*), coyote (*Canis* cf. *latrans*), oso pardo mexicano (*Ursus arctos nelsoni*), dos especies de caballo (*Equus* cf. *conversidens y E. excelsus*), bisonte (*Bison* sp.), camello (*Camelops* cf. *hesternus*), llama (*Hemiauchenia* cf. *macrocephala*), mastodonte americano (*Mammut americanum*), mamut (*M. huscolumbi*), ciervo (*Odocoileus virginianus*) y antilocapra (*Capromerix mexicana*) (Ferrusquía-Villafranca *et al.* 2010).

Por otra parte, al final de este periodo, llegaron oleadas de migrantes humanos a los territorios americanos, lo que pudo traer enfermedades y virus que encontraron las condiciones necesarias para aniquilar a las poblaciones faunísticas nativas de América (Benton 2000). Así entonces,

González González, A.H., W. Stinnesbeck, E. Frey, H.E. Rivera-Sylva y J.M. Padilla Gutiérrez. 2018. Lo más reciente en la historia geológica: la era del hielo. En: *La biodiversidad en Coahuila. Estudio de Estado*, vol. II. CONABIO/Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza, México, pp. 79-82.

la cacería humana, el cambio climático, el impacto de un meteoro y las enfermedades pudieron, de manera aislada o combinada, ocasionar una de las pérdidas más sensibles e importantes en la biodiversidad de mamíferos del planeta.

Las evidencias que permitan esclarecer las causas de la extinción al final del Pleistoceno habrá que ubicarlas y estudiarlas en los diferentes yacimientos paleontológicos de este periodo en México y en Coahuila. Hasta el 2010 se tenían documentadas alrededor de 820 localidades del Pleistoceno para el territorio mexicano, de las que 30 se reportan para el estado (Ferrusquía-Villafranca *et al.* 2010).

El *Homo* temprano en Coahuila

México juega un papel importante en el debate sobre la antigüedad de la presencia del ser humano en el continente americano. Las investigaciones han arrojado evidencias de homínidos en el norte, centro y sur del país, lo que ha permitido conocer con más detalle cuándo ingresaron los primeros seres humanos al territorio de América (Wood 2004). Sin embargo, es difícil aún delimitar las bases que permitirán entender el complejo poblamiento americano.

El conjunto de huellas humanas localizadas en el valle de Cuatro Ciénegas, Coahuila (Concepción Jiménez *et al.* 2010), así como tres especímenes de *Homo sapiens* del Valle de México (González 2003) y otras ocho osamentas encontradas en las cuevas sumergidas en el área de Tulum, en la costa oriental de Quintana Roo, en la península de Yucatán (González *et al.* 2013), son evidencias directas de los orígenes de la presencia humana en el país (Terrazas Mata *et al.* 2014).

Los hallazgos anteriores han arrojado datos que, con relativa certeza, ubican los primeros rastros humanos en edades que van de 13 500 a 8 500 años a.p. (Kober *et al.* 2014). Estos primeros "mexicanos" han sido fechados recientemente en laboratorios internacionales, a través de métodos modernos de isotopía de carbono 14 (C14 ams) y de uranio-thorio (U/Th).

Huellas humanas en Cuatro Ciénegas

Desde la fundación del Museo del Desierto en 1999, se exhiben dos huellas humanas bien preservadas en una roca calcárea de travertino, con un origen enigmático (figura 1). Aparentemente estos rastros de humanos antiguos se recuperaron en el valle de Cuatro Ciénegas en 1961, cuando se construía la carretera hacia San Pedro de las Colonias. Sin embargo, no se conocía formalmente el origen de esta evidencia. Después de una búsqueda de más de 10 años para encontrar la procedencia de estos materiales, en el verano de 2006 se descubrió en el valle de Cuatro Ciénegas una nueva pista de huellas humanas.

Se trata de unas huellas muy similares en características a las exhibidas en el Museo del Desierto, con una datación de 10 500 años a.p. Estas huellas son las más antiguas para el país y es la evidencia directamente datada (análisis de U/Th en campo) más antigua para el norte de México (González *et al.* 2007), aunque otros cálculos posteriores podrían indicar una edad más joven de 7 640 a.p. (Felstead *et al.* 2013).

Estos registros son importantes por sí mismos, pero al estudiar su entorno se puede obtener información adicional que permite inferir cambios climáticos y las características de la vegetación en ese momento determinado. A manera de ejemplo, el polen atrapado en las capas de sedimento proporciona una fotografía de las plantas que vivieron en ese entonces y, con ello, se puede reconstruir el contexto ambiental.

Con base en la referencia anterior se sabe que el clima ha cambiado drásticamente desde entonces, y que las especies de árboles hoy presentes en el valle de Cuatro Ciénegas son completamente diferentes a las que conocieron los primeros humanos (González *et al.* 2007, Felstead *et al.* 2013). A manera de ejemplo, abundaban los



Figura 1. Huellas de pies humanos de 24 cm de largo y 10 cm de ancho. Foto: Archivo fotográfico del Museo del Desierto.

nogales (*Carya* sp.) y sauces (*Salix* sp.), que hoy en día sólo se encuentran en zonas más húmedas dentro de los cañones en sierras alejadas; por su parte los pinos y encinos emigraron a lo alto de las montañas, en donde se presenta la humedad necesaria para que sobrevivan.

Se puede inferir que el valle de Cuatro Ciénegas sirvió de refugio a la fauna del Pleistoceno. Debido a la presencia constante de agua y alimento en el valle, grupos nómadas utilizaron este sitio como refugio, incluso después de la desaparición de la megafauna. Los humanos lograron sobrevivir de forma nómada, como lo hacían desde el final del Pleistoceno, y así lograron llegar hasta el siglo xviii, cuando fueron exterminados por los nuevos colonizadores.

Investigaciones recientes, realizadas en todo el mundo, sugieren que la extinción de la megafauna americana fue provocada por un cambio climático o por la cacería. Otros autores explican esta extinción al sostener que oleadas más recientes de humanos trajeron consigo bacterias y virus que resultaron fatales para los mamíferos locales y aniquilaron también a los primeros grupos americanos. Lo anterior fue provocado por la falta de defensas naturales de los autóctonos para las enfermedades recién llegadas (González *et al.* 2007).

Está bien documentado, a lo largo del registro arqueológico de Norteamérica, cómo el ser humano cazaba y utilizaba los restos de los animales para sobrevivir, pero es difícil suponer que estos pequeños grupos de cazadores pudieron acabar con toda la enorme diversidad de mamíferos del final del Pleistoceno.

Conclusión

Es un hecho que todavía falta recabar mucha información científica que permita documentar los cambios ambientales pasados y su influencia

en la extinción de especies. Esta información tiene un valor predictivo a la hora de estimar los efectos de posibles cambios climáticos presentes y futuros, así como su impacto en las especies modernas.

Referencias

Benton, M.J. 2000. *Vertebrate palaeontology*. Blackwell Science Ltd., Massachusetts.

Concepción Jiménez, J., C. Serrano Sánchez, A.H. González González y F.J. Felisa Aguilar (eds.). 2011. *IV Simposio Internacional El Hombre Temprano en América*. Instituto de Investigaciones Antropológicas-UNAM/Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH)/Museo del Desierto, A.C. (MUDE), México.

Felstead, N., S. González, S.D. Huddart *et al*. 2013. Holocene-aged human footprints from the Cuatro Cienegas basin, NE Mexico. *Journal of Archaeological Science* 42:250-259.

Ferrusquía-Villafranca, I., J. Arroyo-Cabrales y E. Martínez-Hernández. 2010. Pleistocene mammals of Mexico: a critical review of regional chronofaunas, climate change response and biogeographic provinciality. *Quaternary International* 217:53-104.

González González, A.H. 2003. *Fósiles de México. Coahuila, una ventana a través del tiempo*. Gobierno del Estado de Coahuila, México.

González González, A.H., M. Lockley, C. Rojas Sandoval *et al*. 2007. Notes on re-discovery of a lost hominid footprint site from the Cuatro Cienegas basin (Coahuila), Mexico. *Cenozoic Vertebrate Tracks and Traces. New Mexico Museum of Natural History and Science Bulletin* 42(1):11-16.

González González, A.H, A. Terrazas, W. Stinnesbeck *et al*. 2013. The first human settlers on the Yucatan peninsula: evidence from drowned caves in the state of Quintana Roo. *The Paleoamerican Odyssey* 1:15.

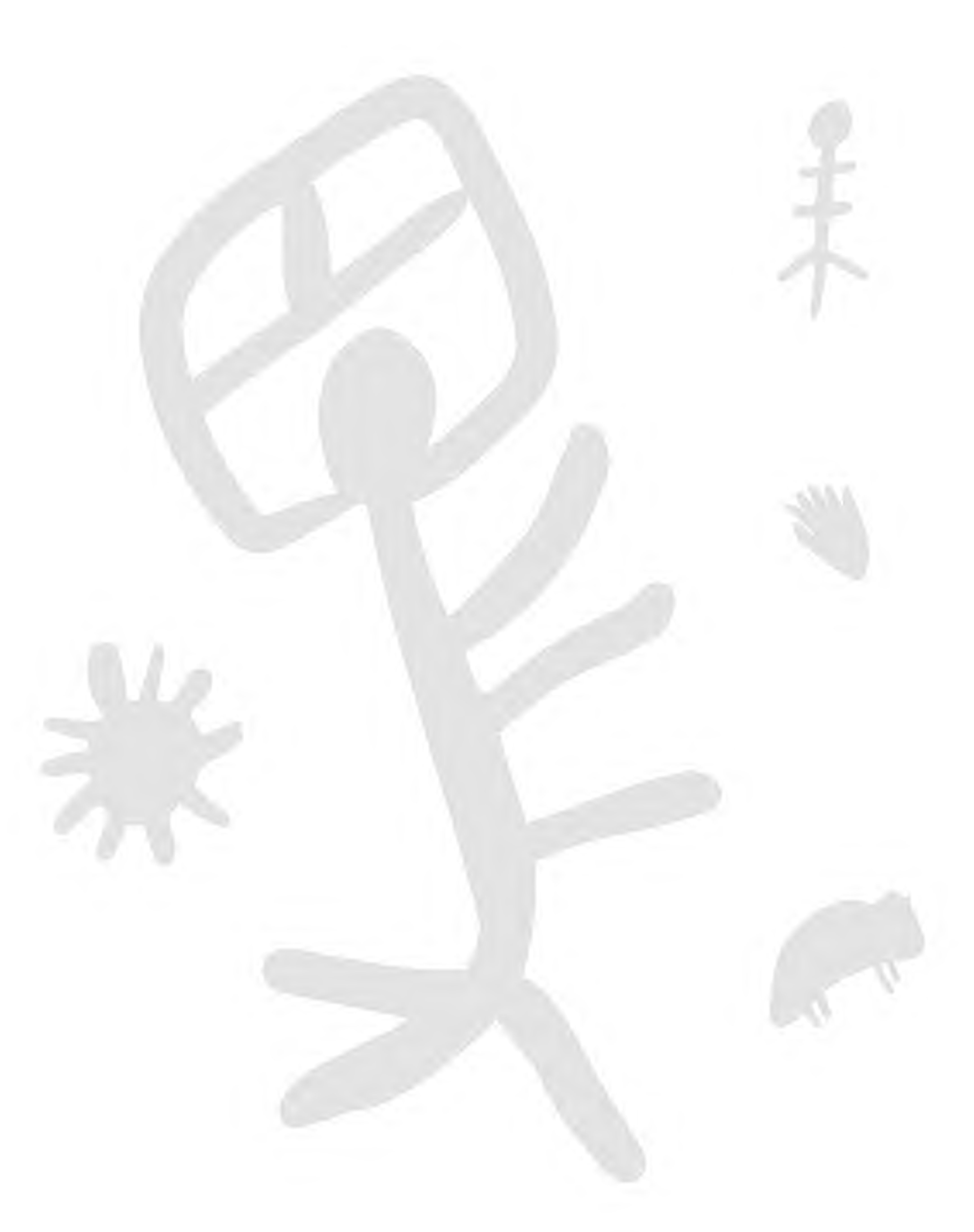
Kober, B., J. Kontny, W. Stinnesbeck *et al*. 2014. Strontium isotopes in enamel collected from pre-historic skeletons found in a cave system in Quintana Roo/Mexico. En: *23rd International Colloquium on Latin American Earth Sciences. Abstracts and programme*. GAEA heidelbergensis 19. Institut für Geowissenschaften-Universität Heidelberg, Alemania.

Miller, W., R. Delgado de Jesús, R. Gómez-Núñez *et al*. 2011. A new late Pleistocene vertebrate site from Coahuila, Mexico. En: *71st Annual Meeting Program and Abstracts*. Society of Vertebrate Paleontology, Nevada.

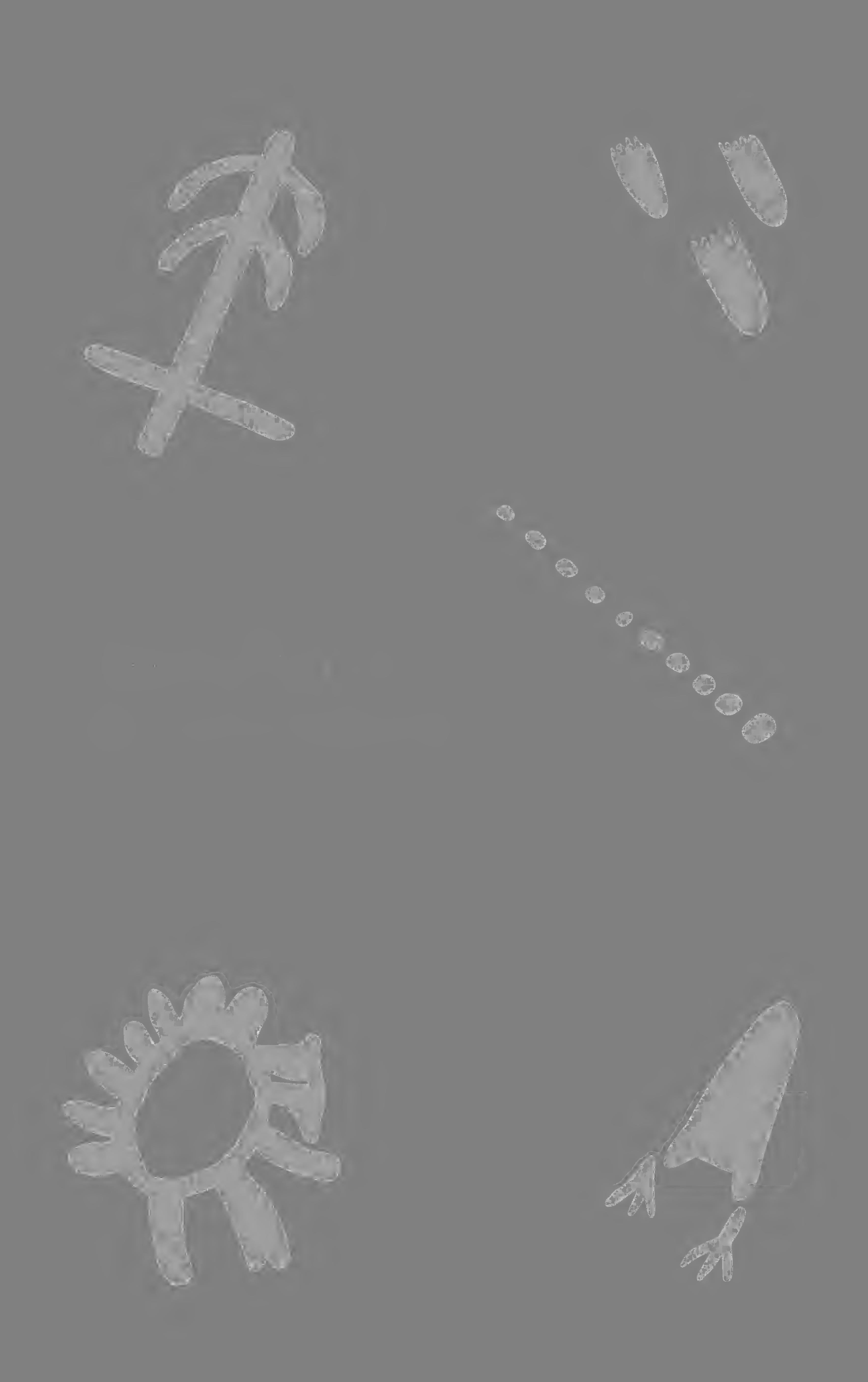
Stinnesbeck, W. y E. Frey. 2014. Paleogeography and paleoenvironment of Mexico during the Mesozoic. En: *Dinosaurs and other reptiles from the Mesozoic of Mexico*. H.E. Rivera-Sylva, K. Carpenter y E. Frey (eds.). Indiana University Press, Indiana, pp. 13-29.

Terrazas Mata, A., M.E. Benavente, A.H. González González y W. Stinnesbeck. 2014. Human remains of late Pleistocene-early Holocene age from submerged caves of the eastern Yucatan peninsula, Mexico: implications for the peopling of the Americas. En: *23rd International Colloquium on Latin American Earth Sciences. Abstracts and programme*. GAEA heidelbergensis 19. Institut für Geowissenschaften-Universität Heidelberg, Alemania.

Wood, B.A. 2004. Hominid evolution. En: *Palaeobiology II*. D.E.G. Briggs y P.R. Crowther (eds.). Blackwell Science Ltd., Massachusetts, pp. 121-127.









Resumen ejecutivo

Jesús Valdés Reyna

La mayor parte del territorio de Coahuila se localiza en el Desierto Chihuahuense. El matorral es la formación vegetal más abundante y corresponde a 82% del territorio. El resto de la superficie está cubierta por zacatales, bosques de pino y encino, y vegetación asociada a cuerpos de agua –comunidad que sólo representa 0.2% del territorio–, que aunque tienen una distribución más restringida, albergan hasta 34% de especies endémicas.

En esta sección se describen los seis tipos de vegetación que se distribuyen en la entidad: matorral desértico chihuahuense, matorral submontano, matorral tamaulipeco, bosques de montaña, zacatal y vegetación ribereña, acuática y subacuática.

Las comunidades vegetales presentan algún tipo de deterioro, especialmente por el cambio de uso del suelo ocasionado por el pastoreo extendido a lo largo y ancho del estado, las actividades extractivas en la región Carbonífera (al norte del estado), el desarrollo de zonas agrícolas en la región Laguna (al suroeste del estado), la introducción de especies invasoras en humedales y áreas ribereñas, o por el crecimiento de zonas urbanas al sureste de Coahuila, lo cual se evidencia en la alteración de la composición florística, la estructura de la vegetación y la pérdida de la cubierta vegetal.

Los zacatales han sido, en orden de importancia, la comunidad más vulnerable a las actividades del desarrollo urbano y deterioro ambiental, lo cual ha reducido drásticamente su extensión territorial en los últimos años. Los incendios han contribuido a fragmentar las zonas boscosas de la entidad y, por lo tanto, disminuyeron las poblaciones de especies relictuales de los géneros *Abies*, *Pseudotsuga* y *Picea*. Por lo anterior, estos ecosistemas requieren de esfuerzos puntuales para su conservación.

En los estudios de caso que se presentan a lo largo de la sección es posible reconocer las comunidades vegetales o especies que son importantes en la entidad, ya sea por las asociaciones con otras especies o por que se enfrentan a un sinnúmero de amenazas que ponen en riesgo su permanencia en las regiones de Coahuila.

Dos ejemplos a resaltar son: el matorral de sotol (*Dasylirion cedrosanum*) del centro-sur del estado, que forma asociaciones con hasta 97 especies y representa uno de los productos forestales no maderables más importantes de las zonas

Valdés-Reyna, J. 2018. Resumen ejecutivo. Ecosistemas. En: *La biodiversidad en Coahuila. Estudio de Estado*, vol. II. CONABIO/ Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza, México, pp. 87-88.

rurales, y el bosque ribereño del noreste, localizado cerca de los ríos San Rodrigo, San Diego, Escondido y del arroyo Las Vacas, en la vertiente oriental de la Serranía del Burro, cuya diversidad biológica es poco conocida.

Asimismo es imperativo mencionar la presión (sobreexplotación del agua y especies invasoras) a la que se encuentra sometida la vegetación del Área de Protección de Flora y Fauna (APFF) Cuatrociénegas, ubicada en el centro del estado, única por la singularidad de sus especies vegetales, pues de las 796 plantas vasculares, 52 son consideradas endémicas, como *Erigeron cuatrocienegensis*, *Cylindropuntia anteojoensis* y *Phacelia marshal-johnstonii*.

Estas especies pueden ser amenazadas y desplazadas por la presencia de otras especies invasoras, como el carrizo (*Arundo donax*), ya que se ha reportado en casi todos los humedales en la entidad.

Con base en la información presentada en esta sección, resulta necesario realizar diagnósticos detallados sobre la vegetación, mismos que permitan sentar las bases no sólo para generar un conocimiento que lleve a proteger la diversidad florística de la entidad e incrementar las áreas susceptibles a ser conservadas (particularmente en las subprovincias de la Serranía del Burro y de las Llanuras y Sierras Volcánicas), sino también para regular la extracción comercial de algunas especies, como es el caso del sotol (*D. cedrosanum*).

Existe una necesidad urgente de diseñar planes de manejo que minimicen el impacto negativo ocasionado por las actividades humanas en las comunidades de matorrales y zonas boscosas de la entidad. Estos programas pueden ser críticos, pero serían imprescindibles para evitar la reducción de superficies naturales y, a su vez, favorecer la conservación de las especies endémicas, raras o con algún valor comercial.

Ante los factores de degradación ambiental es indispensable que, en diversas áreas y desde múltiples niveles de gobierno, se implementen acciones específicas, tales como: regular la extracción de agua, promover la restauración de la vegetación natural y la regeneración de las poblaciones locales, y aumentar la difusión de la diversidad biológica de Coahuila y su problemática actual.

Tipos de vegetación y comunidades vegetales

Juan Antonio Encina Domínguez, Jesús Valdés Reyna y
José Ángel Villarreal Quintanilla

Introducción

La vegetación se define como las formaciones vegetales constituidas por las especies nativas de un área o el conjunto de plantas que integran el paisaje. Ésta cumple con importantes servicios ambientales, como la retención del suelo, recarga de acuíferos, generación de oxígeno y almacenamiento de bióxido de carbono. Es el hábitat para la fauna silvestre, además de ser un sitio de recreación.

Las diferencias climáticas, edáficas y topográficas de Coahuila determinan variadas comunidades vegetales. La mayor parte del territorio del estado se localiza dentro la ecorregión del Desierto Chihuahuense, donde el matorral xerófilo es la formación vegetal más frecuente (Rzedowski 1978). De todo el territorio, 80.6% está cubierto por matorral xerófilo (Anónimo 1983) y el resto de su superficie por zacatales, bosques de pino y de encino.

Provincias florísticas

En el estado convergen tres provincias florísticas: la Altiplanicie, que incluye parte de todas las subprovincias, excepto la Gran Sierra Plegada; la Planicie Costera del Noreste, que contiene una porción de Llanuras de Coahuila y Nuevo León, y de Serranía del Burro; y en menor proporción la Sierra Madre Oriental, que circunscribe a toda la Gran Sierra Plegada y a una porción de las subprovincias Sierras y Llanuras Coahuilenses, y de las Sierras Transversales (Rzedowski 1978).

La provincia florística de la Altiplanicie ocupa 11 154 471 ha que representan poco más del 74% de la superficie estatal. Se distribuye en áreas con clima seco, de tipo continental, en altitudes entre 800 y 2 200 msnm, y presenta una gran variedad de tipos de vegetación. La comunidad vegetal con mayor extensión es la constituida por el matorral desértico chihuahuense (Henrickson y Johnston 1983), con dos comunidades principales: el matorral micrófilo y el matorral rosetófilo.

Estas comunidades presentan especies con hojas pequeñas (micrófilas), con tejidos especializados para retener agua y evitar la transpiración de este líquido (suculentas), y con hojas agrupadas en forma de roseta (rosetófilas).

La provincia florística de la Planicie Costera del Noreste abarca el norte y noreste del estado y

Encina-Domínguez, J.A., J. Valdés-Reyna y J.A. Villarreal-Quintanilla. 2018. Tipos de vegetación y comunidades vegetales. En: *La biodiversidad en Coahuila. Estudio de Estado*, vol. II. CONABIO/Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza, México, pp. 89-110.

ocupa una extensión de 2 578 809 ha, poco más del 17% de la superficie estatal. La comunidad vegetal más frecuente es el matorral tamaulipeco (Muller 1947). Se presenta en sitios con clima seco cálido a semicálido y altitudes entre 240 a 850 msnm, las especies dominantes son arbustivas con espinas laterales o sin espinas (inermes). El estrato herbáceo es abundante, a diferencia de la provincia de la Altiplanicie, en donde es efímero y escaso (Villarreal y Valdés 1992-1993).

Finalmente, la provincia florística de la Sierra Madre Oriental, con 1 328 754 ha de extensión (8.8% de la superficie estatal), tiene mayor presencia en las sierras del sureste del estado y, de forma aislada, está presente en las sierras del sur, centro y norte, donde se presentan condiciones de mayor humedad y bajas temperaturas. Las comunidades mejor representadas son el bosque de pino y encino.

En la entidad están representados seis tipos de vegetación: matorral desértico chihuahuense, matorral submontano, matorral tamaulipeco, bosques de montaña, zacatal y vegetación ribereña, acuática y subacuática (Villarreal y Valdés 1992-1993). En el cuadro 1 se listan los tipos de vegetación con las diferentes comunidades vegetales, y se menciona su equivalencia con la clasificación propuesta por Rzedowski (1978).

A continuación se describen los tipos de vegetación del estado, para lo cual se incluyen las especies dominantes y se incluye información sobre su distribución (figura 1).

Cuadro 1. Tipos de vegetación y comunidades presentes en Coahuila.

Tipo de vegetación	Comunidad vegetal	Provincia florística	Equivalencia clasificación de Rzedowski (1978)
Matorral desértico chihuahuense	Matorral rosetófilo	Altiplanicie	Matorral xerófilo
	Matorral micrófilo		
	Izotal		
	Matorral halófilo y gipsófilo		
Matorral submontano	Matorral submontano	Sierra Madre Oriental	Matorral xerófilo
Matorral tamaulipeco	Matorral tamaulipeco	Planicie Costera del Noreste	Matorral xerófilo
Bosque de montaña	Bosque de encino	Sierra Madre Oriental	Bosque de *Quercus*
	Bosque de pino		Bosque de coníferas
	Bosque de oyamel		Bosque de coníferas
	Vegetación alpina y subalpina		—
Zacatal	Zacatal mediano abierto	Todas las provincias	Pastizal
	Zacatal amacollado		
	Zacatal halófilo y gipsófilo		
Vegetación ribereña, acuática y subacuática	Vegetación ribereña, acuática y subacuática	Planicie Costera del Noreste	Vegetación acuática y subacuática

Fuente: elaboración propia con base en Villarreal y Valdés 1992-1993.

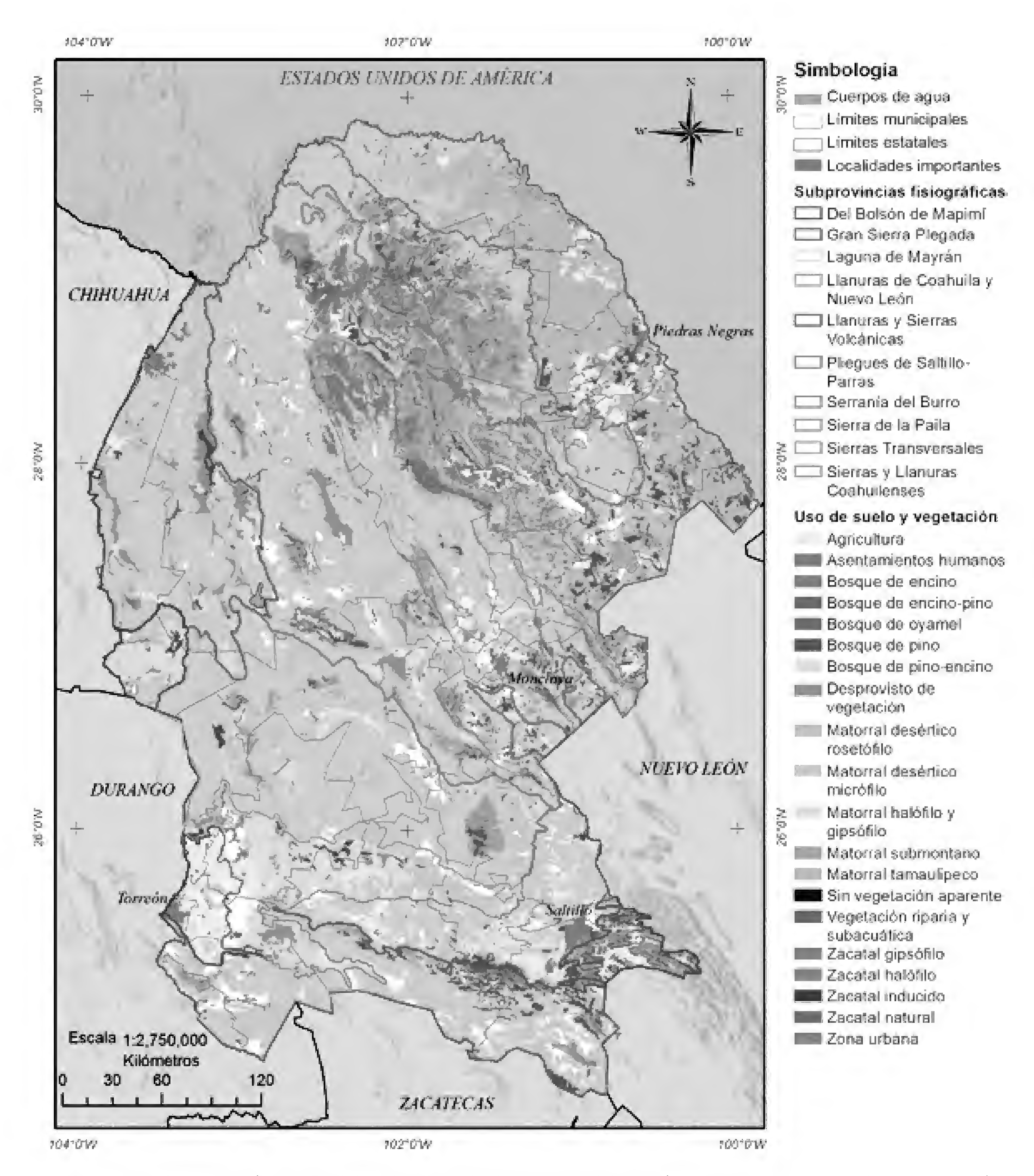


Figura 1. Tipos de vegetación y usos del suelo en Coahuila. Fuente: elaboración propia con base en Villarreal y Valdés 1992-1993.

Cuadro 2. Extensión y principales amenazas de las comunidades vegetales de Coahuila.

Tipo de vegetación	Comunidad vegetal	Extensión		
		(ha)	(%)	
Matorral desértico chihuahuense	Matorral desértico rosetófilo	5 098 225	33.6	
	Matorral desértico micrófilo	3 757 995	24.7	
	Matorral halófilo y gipsófilo	656 911	4.3	
Matorral tamaulipeco	Matorral tamaulipeco	1 632 972	10.8	
Matorral submontano	Matorral submontano	1 300 958	8.6	
Zacatal	Zacatal natural	527 358	3.5	
	Zacatal inducido	368 363	2.4	
	Zacatal halófilo y gipsófilo	365 787	2.4	
Bosque de montaña	Bosque de pino	191 755	1.3	
	Bosque de encino	151 114	1.0	
	Bosque de encino-pino	69 025	0.5	
	Bosque de pino-encino	36 278	0.2	
	Bosque de oyamel	10 777	0.1	
	Vegetación alpina-subalpina	—	—	
Vegetación ribereña y acuática-subacuática	Vegetación ribereña y acuática-subacuática	33 238	0.2	

Fuente: elaboración propia con base en Villarreal y Valdés 1992-1993.

Subprovincia	Principales amenazas
En todas las subprovincias	Sobrepastoreo
En todas las subprovincias	Sobrepastoreo y cambio de uso del suelo para agricultura
Sierras y Llanuras Coahuilenses, Sierra de la Paila, Sierras Transversales, Laguna de Mayrán, Llanuras y Sierras Volcánicas, Del Bolsón de Mapimí	Extracción de yeso
Llanuras de Coahuila y Nuevo León, Serranía del Burro	Sobrepastoreo, minería, cambio de uso del suelo para agricultura
Gran Sierra Plegada, Sierras Transversales, Sierra de la Paila, Sierras y Llanuras Coahuilenses, Llanuras y Sierras Volcánicas, Serranía del Burro	Sobrepastoreo
En todas las subprovincias	Sobrepastoreo
En todas las subprovincias	Sobrepastoreo
Sierras y Llanuras Coahuilenses, Sierra de la Paila, Sierras Transversales, Laguna de Mayrán, Llanuras y Sierras Volcánicas, Del Bolsón de Mapimí	Sobrepastoreo
Sierras y Llanuras Coahuilenses, Gran Sierra Plegada, Sierras Transversales, Serranía del Burro	Plagas, enfermedades, incendios, cambio de uso del suelo, sobrepastoreo, falta de manejo forestal
Sierras y Llanuras Coahuilenses, Sierras Transversales, Gran Sierra Plegada, Llanuras de Coahuila y Nuevo León, Serranía del Burro, Sierra de la Paila	Sobrepastoreo, minería, cambio de uso del suelo para agricultura, sobrepastoreo, falta de manejo forestal
Sierras y Llanuras Coahuilenses, Serranía del Burro	Incendios, cambio de uso del suelo, sobrepastoreo, falta de manejo forestal
Sierras y Llanuras Coahuilenses, Gran Sierra Plegada, Serranía del Burro	Plagas, enfermedades, incendios, cambio de uso del suelo, sobrepastoreo, falta de manejo forestal
Gran Sierra Plegada, Sierras Transversales, Sierras y Llanuras Coahuilenses	Plagas, enfermedades, incendios, cambio de uso del suelo, sobrepastoreo, falta de manejo forestal
Gran Sierra Plegada	Incendios
Gran Sierra Plegada, Sierras y Llanuras Coahuilenses, Serranía del Burro, Llanuras de Coahuila y Nuevo León	Especies invasoras, extracción de materiales, represas

Matorral desértico chihuahuense

El Desierto Chihuahuense ocupa grandes extensiones del oeste y sur de Coahuila. En él se encuentran las provincias florísticas de la Altiplanicie y la Sierra Madre Oriental. Esta vegetación abarca 9 513 132 ha, las cuales representan 62.6% del estado (cuadro 2; figura 1) en altitudes de 800 a 2 600 msnm. Comprende una serie de comunidades vegetales constituidas por arbustos xerófilos (adaptados a crecer en ambientes secos) dispersos, perennes, y elementos herbáceos efímeros, que se presentan en los hábitats más secos del estado.

El clima es muy seco, desértico, y la lluvia es escasa tanto en el verano como en invierno (la precipitación media anual es 150 a 350 mm de agua). El promedio anual de temperatura se sitúa entre 17 y 21 °C, con heladas críticas con temperaturas bajo cero. Las variaciones en las características edáficas y topográficas son las causantes que determinan las diversas asociaciones vegetales en este tipo de vegetación. A continuación se presentan las comunidades que conforman este matorral:

Matorral desértico rosetófilo

Esta comunidad vegetal cubre aproximadamente 33.6% del estado (cuadro 2; figura 1). Está presente en todas las subprovincias de Coahuila, no obstante, en las provincias de Llanuras y Sierras Volcánicas, Pliegues Saltillo-Parras, Serranía del Burro, Sierras y Llanuras Coahuilenses, Sierra de la Paila y Sierras Transversales, ocupa del 24 al 49% de su superficie.



Figura 2. Matorral rosetófilo en el municipio de Ocampo, donde sobresale palma samandoca (*Yucca carnerosana*) y crece lechuguilla (*Agave lechuguilla*). Foto: Juan A. Encina.

Se presenta en altitudes que varían de los 1 000 a 2 500 msnm, sobre lomeríos y laderas de montañas donde incide una mayor radiación solar o en las áreas más expuestas de los cañones. Se presenta en sitios con suelos someros, pedregosos y con buenas condiciones de drenaje.

Las formas de vida dominantes son arbustos bajos con hojas agrupadas en forma de roseta, espinosos y perennifolios (figuras 2 a 5). Las especies más representativas son: lechuguilla (*Agave lechuguilla*), maguey cenizo (*A. scabra*), espadín (*A. striata*), guapilla china (*Hechtia texensis*) y sotol (*Dasylirion cedrosanum*; véase Los matorrales de sotol (*Dasylirion cedrosanum*) del centro-sur del estado, en esta misma obra), asociadas con escalerilla (*Viguiera stenoloba*), guayule (*Parthenium argentatum*), candelilla (*Euphorbia antisyphilitica*) y gatuño (*Mimosa zygophylla*).

A menudo esta comunidad presenta una riqueza alta de cactáceas; las más frecuentes son: nopal cegador (*Opuntia microdasys*), biznaga burra (*Echinocactus platyacanthus*), biznaga colorada (*Ferocactus pilosus*), alicoche (*Echinocereus stramineus*), huevo de toro (*E. pectinatus*) y biznaga arcoíris (*Thelocactus bicolor*). Las herbáceas más comunes son *Bahia absinthifolia*, *Tiquilia canescens*, *T. greggii*, *Castilleja lanata*, *Notholaena sinuata* y especies de gramíneas como *Bouteloua ramosa* y *Erioneuron avenaceum*.

Matorral desértico micrófilo

Es una de las comunidades típicas de Coahuila. Ocupa cerca del 24.74% de la superficie (cuadro 2; figura 1). Está presente en todas las subprovincias del estado, no obstante, en el caso de Laguna de Mayrán, Llanuras y Sierras Volcánicas, Pliegues Saltillo-Parras, Sierra de la Paila y Sierras Transversales, ocupa del 31 al 49% de su superficie. Se presenta entre los 600 y 1 500 msnm, en valles y lomeríos con suelos profundos y poca pedregosidad.



Figura 3. Matorral rosetófilo en el municipio de Saltillo, donde sobresale sotol (*Dasylirion cedrosanum*) y nopal cegador (*Opuntia microdasys*). Foto: Juan A. Encina.



Figura 4. Matorral rosetófilo en el municipio de Sierra Mojada, donde sobresale palma samandoca (*Yucca carnerosana*). Foto: Juan A. Encina.



Figura 5. Matorral rosetófilo en la sierra Maderas del Carmen, donde sobresale el sotol (*Dasylirion texanum*). Foto: Jesús Valdés R.



Figura 6. Paisaje del matorral micrófilo con dominancia de gobernadora (*Larrea tridentata*), municipio de Saltillo. Foto: Juan A. Encina.



Figura 7. Paisaje del matorral micrófilo con dominancia de gobernadora (*Larrea tridentata*), municipio de Sierra Mojada. Foto: Juan A. Encina.



Figura 8. Paisaje del matorral micrófilo con dominancia de hojasén (*Flourensia cernua*), municipio de Progreso. Foto: Juan A. Encina.

Está dominada por arbustos micrófilos (con hojas pequeñas) de 0.30 a 1.5 m de altura, así como por algunos individuos arbóreos mayores a 1.5 m (figuras 6 a 9). Las comunidades varían de poco densas a densas en relación a la profundidad del suelo y la humedad disponible.

El componente principal lo constituyen la gobernadora (*Larrea tridentata*), hojasén (*Flourensia cernua*) y mariola (*Parthenium incanum*), asociados con cilindrillo (*Lycium berlandieri*), nopal rastrero (*Opuntia rastrera*), coyonoxtle (*Cylindropuntia imbricata*), corona de cristo (*Koeberlinia spinosa*) y ocotillo o albarda (*Fouquieria splendens*). En algunos casos se presentan individuos arborescentes de la palma china (*Yucca filifera*) y el mezquite (*Prosopis glandulosa*).

En las subprovincias Llanuras y Sierras Volcánicas, y Del Bolsón de Mapimí, es común el huizachillo (*Acacia neovernicosa*); herbáceas tipo zacates como *Bouteloua gracilis*, *Sporobolus airoides*, *Dasyochloa pulchella*, *Scleropogon brevifolius* y *Muhlenbergia porteri*; además de hierbas como *Psilostrophe gnaphalodes* y *Tiquilia canescens*. En los abanicos aluviales y suelos con pedregosidad es frecuente que se mezclen las comunidades de matorral desértico rosetófilo y matorral desértico micrófilo.

Dentro de esta comunidad ocurre el izotal, el cual se caracteriza por la dominancia de plantas arborescentes del género *Yucca*, con alturas entre 8 y 10 m que dan el aspecto de un bosquecillo o palmar (figura 10), a menudo mezclados con elementos del matorral micrófilo. Se presenta con mayor frecuencia en la subprovincia Sierras Transversales, la cual ocupa cerca del 1% del territorio del estado y se distribuye por encima de los 1 500 msnm, sobre suelos aluviales, profundos y arenosos de valles y laderas de sierras.

Las especies más frecuentes son: palma china (*Y. filifera*) y palma samandoca (*Y. carnerosana*), asociadas con gobernadora (*L. tridentata*), hojasén (*Flourensia cernua*), coyonoxtle (*Cylindropuntia imbricata*), nopal rastrero (*Opuntia rastrera*), lechuguilla (*A. lechuguilla*), sotol (*Dasylirion cedrosanum*), escalerilla

Figura 9. Paisaje del matorral micrófilo mezclado con matorral rosetófilo con dominancia de gobernadora (*Larrea tridentata*) y lechuguilla (*Agave lechuguilla*), municipio de Escobedo. Foto: Juan A. Encina.

(*Viguiera stenoloba*) y mariola (*P. incanum*); las herbáceas más comunes son: zacate navajita (*Bouteloua gracilis*), *P. gnaphalodes* y *Zaluzania triloba*.

Matorral halófilo y gipsófilo

Estas comunidades se presentan en el centro y sur de la entidad, entre los 1 000 y 2 000 msnm de altitud; ocupan 4.3% de la superficie estatal (cuadro 2; figura 1). Se encuentran en las subprovincias Sierras y Llanuras Coahuilenses, Sierra de la Paila, Laguna de Mayrán y Sierras Transversales. El matorral halófilo se localiza en cuencas aisladas con drenaje interno (cuencas endorreicas), donde se propicia la acumulación de sedimentos de sales que forman una serie de valles salinos o lagunas temporales.



Figura 10. Izotal dominado por individuos arborescentes de palma china (*Yucca filifera*) en valles aluviales al sur del municipio de Saltillo. Foto: Juan A. Encina.

Este matorral se compone por especies, como la costilla de vaca (*Atriplex canescens*, *A. acanthocarpa*), saladillo (*Allenrolfea occidentalis*) y jauja (*Suaeda palmeri*; figura 11), así como por especies tolerantes a estos suelos, como *L. tridentata*, *P. glandulosa* y *C. imbricata*. El estrato herbáceo se compone por *Pleuraphis mutica*, *Sporobolus airoides*, *S. spiciformis*, *Distichlis spicata* y especies del género *Machaeranthera*.

Los depósitos de yeso (sulfato de calcio hidratado) presentes en Coahuila se formaron por la precipitación y subsecuente evaporación de mares del periodo Terciario. Están expuestos en valles y colinas, o formando dunas (Villarreal y Valdés 1992-1993). Se presenta en las subprovincias Sierras y Llanuras Coahuilenses y en la Sierra de la Paila, específicamente en el valle de Cuatro Ciénegas. Está conformado por plantas arbustivas o subarbustivas, cespitosas (que forman o se distribuyen de forma aglomerada, como el césped) y esparcidas (figura 12) que con frecuencia presentan una flora rica en endemismos, es decir, especies que son únicas de una región.

Las especies más frecuentes en esta comunidad son: *Frankenia johnstonii*, *Condalia ericoides*, *K. spinosa* y *Lycium pallidum*, asociadas con *P. glandulosa*, *L. tridentata* y *Opuntia rastrera*. En el estrato herbáceo dominan las gramíneas *Muhlenbergia villiflora*, *M. arenicola* y *Scleropogon brevifolius*; mientras que en las épocas de mayor humedad la diversidad de este estrato aumenta con la presencia de *Hoffmannseggia watsonii*, *Zinnia acerosa*, *Physaria fendleri*, *Lepidium montanum*, *Dicranocarpus parviflorus* y *Sartwellia mexicana*.



Figura 11. Matorral halófilo dominado por individuos de saladillo (*Allenrolfea occidentalis*), municipio de Abasolo. Foto: Juan A. Encina.



Figura 12. Matorral gipsófilo dominado por *Petalonyx crenatus* con individuos aislados de *Fouquieria splendens*, municipio de Cuatro Ciénegas. Foto: Juan A. Encina.

Matorral submontano

Este tipo de vegetación ocupa 8.6% de la entidad (cuadro 2; figura 1) y se extiende en las subprovincias Del Bolsón de Mapimí, Llanuras y Sierras Volcánicas, Llanuras de Coahuila y Nuevo León, Sierra de la Paila, Sierras Transversales, Serranía del Burro, Gran Sierra Plegada, y Sierras y Llanuras Coahuilenses; no obstante, en la tres últimas subprovincias este matorral ocupa del 11 al 33% de su superficie.

Se presenta entre los 1 800 y 2 600 msnm, en el pie de monte o en las laderas medias de los macizos montañosos con exposiciones topográficas norte o noroeste (figura 13), así como en cañones con buenas condiciones de humedad y

en sitios con suelos someros y pedregosos con poca materia orgánica.

Se caracteriza por la dominancia de arbustos y árboles de 1 a 3 m de alto, la mayoría inermes (sin espinas), esclerófilos (hojas duras adaptadas a condiciones de sequía) y caducifolios (que tiran sus hojas en alguna época del año). La composición del matorral depende de las condiciones climáticas prevalecientes; en las montañas de la Altiplanicie predominan las bajas temperaturas.

Este medio favorece la existencia de diversas especies dominantes, tales como: rosa silvestre (*Purshia plicata*), membrillo cimarrón (*Malacomeles denticulata*), barreta china (*Lindleya mespiloides*), *Cercocarpus montanus*, *C. fothergilloides*, lantrisco (*Rhus virens*), agrito (*Berberis trifoliolata*), frijolín (*Dermatophyllum secundiflorum*), fresno (*Fraxinus cuspidata*), charrasquillos (*Quercus pringlei*, *Q. striatula*, *Q. intricata* y *Q. pungens*), con un estrato herbáceo compuesto por *Muhlenbergia rigida*, *M. emersleyi*, *M. dubia* y *Disakisperma dubium* (figura 14).

En laderas altas de las serranías próximas a la subprovincia Llanuras de Coahuila y Nuevo León, donde el clima es más cálido, se presenta un matorral alto (figura 15) en el que dominan chaparro prieto (*Acacia rigidula*), guajillo (*Acacia berlandieri*), chapote (*Diospyros texana*), tenaza (*Havardia pallens*), ocotillo (*Gochnatia hypoleuca*), barreta (*Helietta parvifolia*), *Amyris madrensis*, *Fraxinus greggii*, colima (*Zanthoxylum fagara*) y orégano (*Lippia graveolens*).

En los cañones protegidos, con mayor humedad, de la sierra de la Gavia, Santa Rosa y La Encantada se presentan agrupaciones de palmito (*Brahea berlandieri*; figura 16) especie endémica de México que se encuentra sujeta a protección especial por la nom-059 (semarnat 2010). Dentro de esta vegetación se presentan herbáceas como: *Ruellia nudiflora*, *Croton fruticulosus*, *Abutilon wrightii*, *Bouteloua curtipendula*, *Erioneuron avenaceum*, *Tridens texanus*, *Tridentopsis mutica* y *Digitaria ciliaris*.



Figura 13. Matorral submontano en la sierra Santa Rosa, municipio de Múzquiz. Foto: Juan A. Encina.



Figura 14. Matorral submontano integrado por *Purshia plicata* y *Rhus virens* en la sierra de Arteaga, municipio de Arteaga. Foto: Juan A. Encina.



Figura 15. Matorral submontano integrado por *Havardia pallens* y *Acacia rigidula* en la sierra Santa Rosa, municipio de Múzquiz. Foto: Juan A. Encina.

Matorral tamaulipeco

Es el tipo de vegetación característico de la provincia florística de la Planicie Costera del Noreste. Se desarrolla en altitudes que varían desde los 240 hasta los 850 msnm. Ocupa una extensión aproximada del 10.7% de la superficie estatal (cuadro 2; figura 1) en una serie de planicies y lomeríos ubicados al este de la sierra del Carmen, de la Babia, Santa Rosa, la Purísima y la Gavia. En las subprovincias Llanuras de Coahuila y Nuevo León ocupa 60% de la superficie y 22% en Serranía del Burro. Los suelos son gravosos, arenosos y profundos en los valles, y pedregosos y someros en lomeríos, usualmente cuentan con buen drenaje.

Su fisonomía se integra por extensos matorrales de menos de 2 m de altura, compuestos por una mezcla de arbustos micrófilos, espinosos e inermes (figuras 17 y 18); son frecuentes las pequeñas comunidades de árboles bajos que se concentran en los sitios más húmedos. Las asociaciones más representativas son las de chaparro prieto-cenizo (*Acacia rigidula-Leucophyllum frutescens*) y mezquite-nopal forrajero (*Prosopis glandulosa-Opuntia engelmannii*), con otras especies como orégano silvestre (*L. graveolens*), *Agave lechuguilla* y *Flourensia cernua* en las regiones de la porción sur y oeste; y *Colubrina texensis* en las regiones del norte.

Otros arbustos o árboles pequeños son: tullidora (*Karwinskia humboldtiana*), guayacán (*Guaiacum angustifolium*), palo verde (*Cercidium texanum*), clepe (*Ziziphus obtusifolia*), chaparro amargoso (*Castela erecta*), tasajillo (*Cylindropuntia leptocaulis*), chile de pájaro (*Citharexylum brachyanthum*), guajillo (*Acacia berlandieri*), huizache (*A. farnesiana*), huizachillo (*A. constricta*), gatuño (*A. greggii*) y chapote (*Diospyros texana*).

En el estrato herbáceo, las gramíneas son el componente principal. Se presentan en sitios abiertos o protegidas entre los arbustos. Las especies más frecuentes son: *Bouteloua trifida*,



Figura 16. Palmito (*Brahea berlandieri*), especie que sobresale en el paisaje y bajo la categoría sujeta a protección especial en la NOM-059 (SEMARNAT 2010), en la sierra Pájaros Azules, municipio de Progreso. Foto: Juan A. Encina.



Figura 17. Matorral tamaulipeco donde domina el cenizo (*Leucophyllum frutescens*), además de palma pita (*Yucca treculeana*). Foto: Juan A. Encina.



Figura 18. Matorral tamaulipeco donde domina el chaparro prieto (*Acacia rigidula*) con individuos aislados de nopal (*Opuntial indheimeri*). Foto: Juan A. Encina.

Aristida purpurea, *Panicum hallii*, *Hilaria belangeri*, además de otras herbáceas comunes, como: *Gnaphalopsis micropoides* y *Ruellia nudiflora*. En esta vegetación se han observado ejemplares dispersos de zacate buffel (*Cenchrus ciliaris*), especie exótica invasora frecuente en áreas impactadas.

Bosque de montaña

Comprende la vegetación arbórea que se desarrolla en sitios con altitud superior a los 2 400 msnm y por encima del matorral submontano. Se presenta en las porciones montañosas de las subprovincias Gran Sierra Plegada, Sierras Transversales, Sierra de la Paila, Sierras y Llanuras Coahuilenses y Serranía del Burro.

Crece en los cañones y partes altas de las montañas (figura 19), donde hay mayor humedad y el clima es de templado semiseco a templado subhúmedo, con temperatura media anual de 9 a 13 °C y precipitación media anual de 550 a 650 mm, en suelos someros con una capa superficial obscura, suave, con abundante materia orgánica y en nutrientes sobre roca caliza. Se integra por cuatro comunidades vegetales: bosque de encino, bosque de pino, bosque de oyamel y vegetación alpina-subalpina.

Bosque de encino

Ocupa 1% de la superficie estatal (cuadro 2; figura 1), abarca superficies reducidas en las subprovincias Sierras Transversales, Sierras y Llanuras Coahuilenses, Serranía del Burro y Llanuras de Coahuila y Nuevo León. Es una comunidad propia de sitios húmedos y templados, entre los 1 200 y 2 500 msnm de altitud, con frecuencia se presenta en cañones y valles intermontanos por encima del matorral submontano, con el cual se mezcla.

Las especies dominantes son árboles pequeños de entre 3 y 8 m de alto, con copas redondeadas en poblaciones esparcidas o densas, usualmente muy homogéneas. Los componentes



Figura 19. Bosque de alta montaña en la sierra de Arteaga. Foto: Juan A. Encina.

más frecuentes son *Quercus gravesii*, *Q. grisea*, *Q. laceyi*, *Q. hypoxantha*, *Q. saltillensis*, *Q. greggii* (figuras 20 y 21), asociados con capulín (*Prunus serotina*), madroño (*Arbutus xalapensis*), enebro (*Juniperus flaccida*), se asocia además con especies de pino como el pino de arizona (*Pinus arizonica*), pino blanco (*P. greggii*) y pino piñonero (*P. cembroides*).

Las especies arbustivas más comunes son: *Salvia regla*, *Garrya ovata* y *Ageratina saltillensis*; y el estrato herbáceo con frecuencia presenta *Piptochaetium fimbriatum*, *Achillea millefolium*, *Bromus carinatus*, *Cologania pallida* y *Pleopeltis guttata*. En la subprovincia Llanuras de Coahuila y Nuevo León se presenta un bosque de encino dominado por *Quercus fusiformis*, en suelos profundos y altitudes de 270 y 320 msnm en los municipios de Acuña, Piedras Negras, Zaragoza y Nava. Los árboles tienen un diámetro medio de 44 cm y alturas de 13 a 25 m (figura 22).

Bosque de pino

Cubre aproximadamente 1.3% de la entidad (cuadro 2; figura 1) y ocupa pequeñas superficies en las subprovincias Gran Sierra Plegada, Llanuras y Sierras Volcánicas, Sierras Transversales, Pliegues Saltillo-Parras, Sierra de la Paila, Sierras y Llanuras Coahuilenses y Serranía del Burro, a excepción de la Gran Sierra Plegada, donde ocupa 42% de la superficie.



Figura 20. Bosque de encino en la sierra Pájaros Azules, donde crecen el encino blanco (*Quercus laceyi*) y el encino rojo (*Q. gravesii*). Foto: Juan A. Encina.



Figura 21. Bosque de encino en la sierra de Zapalinamé, donde crece encino rojo (*Quercus saltillensis*). Foto: Juan A. Encina.



Figura 22. Bosque de encino en el municipio de Zaragoza, donde domina el encino blanco (*Quercus fusiformis*). Foto: Juan A. Encina.

Se distribuyen sobre laderas con mayor humedad y partes altas de los principales macizos montañosos del estado, en altitudes que van de los 1 200 a los 3 000 msnm, donde el clima es templado sub-húmedo. Son comunidades dominadas por especies del género *Pinus* (figuras 23 a 25). La comunidad más frecuente es el bosque de pino piñonero (*Pinus cembroides*), mezclado con arbustos de naturaleza xérica de las familias Agavaceae y Cactaceae.

Se trata de un bosque con árboles bajos, copas redondeadas, ramas nudosas y troncos con un diámetro menor a 30 cm. Las especies dominantes son los pinos *P. cembroides* y *P. pinceana*, con individuos esparcidos de *Yucca carnerosana*, *Agave gentryi*, *Opuntia stenopetala*, *Lindleya mespiloides*, *Juniperus saltillensis* y *J. pinchotii* (sinónimo *J. erythrocarpa*), asociados con herbáceas como *Chrysactinia mexicana*, *Piptochaetium fimbriatum*, *Bouteloua hirsuta* y *B. dactyloides*.

Otras comunidades de este tipo son las formadas por el pino *Pinus arizonica* var. *stormiae* que, a menudo, se mezclan con especies del bosque de encino. Estas son poco densas y se distribuyen a través de la mayoría de los sistemas montañosos del centro y norte del estado.

En la sierra de Arteaga, al sur de la entidad, es frecuente la presencia de otras comunidades de bosques de pino compuestos por *P. teocote*, *P. greggii*, *P. hartwegii*, *P. strobiformis*, *P. ayacahuite* var. *brachyptera* y *P. pseudostrobus*, asociados con especies de los géneros *Quercus*, *Arbutus*, *Ceanothus*, *Prunus* y *Fraxinus*, entre otras.

Bosque de oyamel

Esta comunidad cubre menos del 0.1% de la superficie estatal (cuadro 2; figura 1). Su distribución es dispersa y muy localizada; sólo se presenta en pequeñas porciones de las sierras de Arteaga, Zapalinamé, subprovincia de la Gran Sierra Plegada; el Jabalí, subprovincia de Sierras Transversales; de la Madera y Maderas del Carmen, subprovincia Sierras y Llanuras Coahuilenses, a una altura de 2 500 y 3 400 msnm (Encina-Domínguez *et al.* 2008).

Se ubica principalmente en laderas altas, cañones y cimas con exposición norte, donde la precipitación es superior a los 600 mm anuales y la temperatura media oscila entre 12 y 14 °C, los suelos son someros y con abundante materia orgánica. La comunidad presenta una altura que varía de 10 a 20 m y está dominada por guayamé (*Pseudotsuga menziesii*) y especies de oyamel (*Abies vejarii* y *A. durangensis*; figura 26), con otras especies de afinidad templada: *Pinus strobiformis*, *P. hartwegii*, *Cupressus arizonica*, *Quercus greggii* y *Arbutus xalapensis*.

Como parte de este bosque también se presentan pequeñas poblaciones de *Picea mexicana* en la sierra de Arteaga. En el estrato arbustivo son frecuentes la manzanita (*Arctostaphylos pungens*), *Ceanothus buxifolius*, *Paxistima myrsinites*, *Garrya ovata* y sauco (*Sambucus nigra* subsp. *canadensis*). Entre las herbáceas más comunes se encuentran: *Pleopeltis guttata*, *Achillea millefolium*, *Alchemilla vulcanica*, *Geranium crenatifolium*, *Koeleria macrantha*, *Brachypodium mexicanum*, *Trisetum spicatum*, *Festuca arizonica*, *F. pinetorum* y *F. valdesii*.

Vegetación alpina-subalpina

Se localiza en la subprovincia de la Gran Sierra Plegada. Ocupa una porción reducida, por ello es difícil de cartografiar y definir su superficie (cuadro 2). Se presenta en las partes más altas de las sierras del sur del estado (La Marta, Las Vigas, Potrero de Abrego y El Coahuilón), por encima de los 3 400 msnm, donde la temperatura media es menor a los 10 °C y las heladas son frecuentes.

Constituye el límite superior del bosque de montaña y se caracteriza por la dominancia de arbustos bajos (0.5 a 1 m de altura) y de herbáceas, con algunos árboles aislados de *Pinus culminicola* y *P. hartwegii*. Las especies arbustivas más frecuentes son *Ceanothus buxifolius*, *Symphoricarpos microphyllus*, *Agave montana*, *Arctostaphylos pungens* y *Quercus greggii* (figura 27).



Figura 23. Bosque de pino (*Pinus hartwegii*) en la sierra de Zapalinamé. Foto: Juan A. Encina.



Figura 24. Bosque de pino (*Pinus* spp.) en la sierra de Arteaga. Foto: Juan A. Encina.



Figura 25. Bosque de pino piñonero (*Pinus cembroides*) en la sierra de Zapalinamé. Foto: Juan A. Encina.



Figura 26. Bosque de oyamel en la sierra de Arteaga, dominado por *Pseudotsuga menziesii* y *Abies vejarii*. Foto: Juan A. Encina.



Figura 27. Vegetación alpina-subalpina dominada por *Quercus greggii*, *Pinus culminicola* y *Agave montana,* en la sierra El Coahuilón, municipio de Arteaga. Foto: Juan A. Encina.



Figura 28. Vegetación alpina-subalpina en la sierra de Arteaga, donde domina el estrato herbáceo a través de las hierbas *Penstemon campanulatus* y *Senecio carnerensis.* Foto: Juan A. Encina.

Como parte del estrato herbáceo se presentan *Lupinus cacuminis, Hymenoxys insignis, Senecio loratifolius, S. coahuilensis, Bromus carinatus, Penstemon campanulatus, Arenaria lanuginosa* y *Brachypodium mexicanum* (figura 28).

Zacatal

A este tipo de vegetación pertenecen las comunidades dominadas por gramíneas. Ocupan aproximadamente 5.9% del estado (cuadro 2; figura 1) y se desarrollan entre los 800 y 2 500 msnm de altitud, en valles con suelos profundos, así como en laderas poco inclinadas y mesetas; con frecuencia se mezclan con bosques de pino piñonero y comunidades del matorral desértico chihuahuense (Villarreal y Valdés 1992-1993). Como parte de los zacatales naturales se presentan varias asociaciones de especies, las cuales se describen a continuación.

La asociación más representativa del zacatal natural en el estado se presenta en una serie de valles en la subprovincia Sierras Transversales (figura 29). Se trata de un zacatal mediano abierto en asociación con plantas xerófilas. Las gramíneas dominantes son: zacate navajita (*Bouteloua gracilis*), zacate banderita (*B. curtipendula*), zacate búfalo (*B. dactyloides*) y *Aristida divaricata*, con arbustos dispersos de coyonoxtle (*Cylindropuntia imbricata*), nopal rastrero (*Opuntia rastrera*), gobernadora (*Larrea tridentata*), hojasén (*Flourensia cernua*), palma samandoca (*Yucca carnerosana*) y mezquite (*Prosopis glandulosa*).

En algunas áreas con vegetación gipsófila, en el municipio de Saltillo, se presenta el zacatal gipsófilo, donde son frecuentes: *Bouteloua chasei, Muhlenbergia villiflora, M. gypsophila, M. arenicola, Achnatherum editorum* y *Scleropogon brevifolius.*

En suelos con acumulación de sales en las subprovincias de Laguna de Mayrán, Sierra de la Paila y Sierras y Llanuras Coahuilenses son co-

munes zacatales dominados por colonias rizomatosas de zacatón alcalino (*Sporobolus airoides*), *S. wrigthii*, *S. cryptandrus*, *S. spiciformis*, *Pleuraphis mutica*, *Hilaria belangeri*, *Distichlis spicata* y *D. littoralis*, mezclados con arbustos de los géneros *Atriplex*, *Prosopis* y *Suaeda*.

A orillas de las cuencas endorreicas o lagunas intermitentes ubicadas en la subprovincia Sierras y Llanuras Coahuilenses, como las de La Leche, del Jaco y del Rey, se establecen zacatales de toboso o "tobosales", llamados así por la dominancia del zacate toboso (*Pleuraphis mutica*; figura 30), estos se presentan además en un zacatal en el municipio de Sabinas, donde tienen una elevada riqueza de especies (Encina-Domínguez *et al.* 2014).

En el noreste del estado, en la subprovincia de las Llanuras de Coahuila y Nuevo León, se presentan áreas de extensión variable con un zacatal alternado con el matorral subinerme, donde domina el cenizo (*Leucophyllum frutescens*), además de mezquite (*Prosopis glandulosa*) y chaparro amargoso (*Castela erecta*). El estrato herbáceo está dominado por zacate navajita morada (*Bouteloua trifida*), zacate tridente (*Tridentopsis mutica*), zacate tres barbas (*Aristida purpurea*), además de zacate banderita (*Bouteloua curtipendula*). En áreas donde se acumulan sales crece zacatón alcalino (*Sporobolus airoides*) y zacate toboso (*P. mutica*).

En valles intermontanos del sur del estado se desarrollan comunidades de gramíneas amacolladas. Las más frecuentes son: *Muhlenbergia emersleyi*, *M. dubia*, *M. setifolia*, *Nasella tenuissima* y *Achnatherum eminens*, mezcladas con arbustos del matorral submontano o del rosetófilo.

En los sitios de alta montaña, con altitudes superiores a los 3 000 msnm, de la subprovincia Gran Sierra Plegada se presentan algunos claros rodeados por bosque de *Pinus hartwegii*. En estos se desarrollan zacatales de *Achnatherum robustum, Elymus trachycaulus, Bromus carinatus* y *Jarava ichu* asociadas con especies de pinos (figura 31). Otras herbáceas frecuentes son: *Hymenoxys insignis*, *Grindelia grandiflora* y *Senecio madrensis*.



Figura 29. Zacatal mediano abierto dominado por *Achnatherum editorum* y *Aristida* sp. en el Rancho Los Ángeles, municipio de Saltillo, al sureste del estado. Foto: Jesús Valdés R.



Figura 30. Zacatal de toboso dominado por *Pleuraphis mutica* en el municipio de Sierra Mojada, al oeste del estado. Foto: Juan A. Encina.



Figura 31. Zacatal de alta montaña dominado por *Achnatherum robustum* y *Bromus carinatus* en el municipio de Arteaga. Foto: Juan A. Encina.

Por su parte, los zacatales inducidos están integrados por especies de gramíneas traídas de África. La especie que ocupa mayor superficie en el estado es el zacate buffel (*Cenchrus ciliaris*), además de otros como el zacate Johnson (*Sorghum halepense*) y zacate Rhodes (*Chloris gayana*). Estas especies se han establecido en algunas regiones de Coahuila con el objetivo de incrementar la cantidad de forraje disponible para el ganado. Como parte de su composición presentan especies leñosas esparcidas, como lo son el mezquite (*Prosopis glandulosa*), el nopal forrajero (*Opuntia* spp.) y el huizache (*Acacia farnesiana*).

Vegetación ribereña y acuática-subacuática

La vegetación ribereña, también conocida como riparia, se asocia con la presencia de ríos, arroyos y cuerpos de agua (figura 32), los cuales se concentran en el norte, noreste y centro de la entidad; en 0.2% del territorio (cuadro 2; figura 1) y en altitudes que van de los 300 a 1 400 msnm.

Encina y colaboradores (2011) reportan que la vegetación ribereña de los ríos del norte del estado (Bravo, San Diego, San Rodrigo, Escondido y arroyo Las Vacas) –en la provincia fisiográfica de Llanuras de Coahuila y Nuevo León, en los municipios de Acuña, Jiménez, Piedras Negras y Zaragoza– está integrada por árboles aislados de encino (*Quercus fusiformis*) y nogal (*Carya illinoinensis*).

Dichos árboles con frecuencia están asociados a mezquite (*P. glandulosa*), sicomoro (*Platanus occidentalis*), chapote (*Diospyros texana*), olmo (*Ulmus crassifolia*), sauce (*Salix nigra*), palo blanco (*Celtis reticulata*) y mora (*Morus celtidifolia*); entre las arbustivas destacan granjeno (*Celtis pallida*) y mezquite (*Prosopis glandulosa*). Las herbáceas dominantes son: *Ruellia nudiflora*, *Sanvitalia ocymoides*, *Viguiera dentata* y *Allowissadula holosericea*.

Villarreal y colaboradores (2006) mencionan que en algunas secciones del río Sabinas, que se extiende por los municipios de Múzquiz, San Juan de Sabinas y Sabinas, la vegetación ribereña está dominada por *Taxodium mucronatum*, *Fraxinus berlandieriana*, *M. celtidifolia* y *S. nigra* (figura 33), mientras que cerca de la presa Venustiano Carranza, en el municipio de Juárez, dominan árboles bajos de *P. glandulosa* y *Acacia farnesiana*, los cuales también son dominantes en el río Salado de Nadadores.

Las riberas de éstos presentan con frecuencia colonias densas de jarilla (*Baccharis salicifolia*), cabezona (*Cephalanthus occidentalis*) y carrizo (*Arundo donax*), esta última una especie invasora frecuente. En los arroyos intermitentes próximos a las serranías del estado, es común la presencia de árboles aislados de *Chilopsis linearis*, *Juglans microcarpa*, *J. mollis* y *Dodonaea viscosa*.

Las plantas subacuáticas crecen en suelos húmedos o inundados; lo hacen de forma permanente en ríos y cuerpos de agua dispersos por el estado (figura 34). Las especies más frecuentes pertenecen a las familias Alismataceae: *Echinodorus berteroi* y *Sagittaria montevidensis*; Cyperaceae: *Cyperus odoratus, Eleocharis cellulosa, E. geniculata, Fuirena simplex*; Poaceae: *A. donax*, *Echinochloa colonum, Paspalum pubiflorum, Polypogon viridis;* además de otras como: *Bacopa monnieri, Heliotropium curassavicum, Ludwigia octovalvis, Phyla nodiflora, Pluchea odorata, Samolus ebracteatus* y *Typha latifolia*.

La vegetación acuática se conforma por plantas adaptadas para crecer en el agua. La localidad con mayor cantidad de especies es Cuatro Ciénegas, donde se reportan *Nymphaea ampla*, *Utricularia gibba*, *Najas marina*, *N. guadalupensis* var. *guadalupensis*, *Ruppia maritima*, *Potamogeton nodosus* y *Zannichellia palustris* (Pinkava 1979). El lirio acuático (*Eichhornia crassipes*) es una especie exótica reportada para Cuatro Ciénegas, la cual es poco abundante y crece en poblaciones aisladas, por ello no causa daños como en los estados del centro y sur de México.

Figura 32. Vegetación ribereña en márgenes del río San Diego, municipio de Jiménez. Foto: Juan A. Encina.



Figura 33. Vegetación ribereña en margenes del río Sabinas, municipio de Múzquiz. Foto: Juan A. Encina.



Figura 34. Vegetación acuática-subacuática en las pozas del valle de Cuatro Ciénegas, donde domina la ninfa *Nymphaea ampla*. Foto: Juan A. Encina.

En los ríos Sabinas, San Rodrigo, San Diego y San Antonio, ubicados en las Llanuras de Coahuila y Nuevo León, es poco frecuente la presencia de *Nuphar advena*, *Ceratophyllum demersum*, *Nymphaea ampla*, *Heteranthera dubia* y *Utricularia vulgaris* (Villarreal *et al.* 2006).

Amenazas y estado de conservación

A través de los años, la influencia humana sobre las comunidades vegetales ha ocasionado cambios en la estructura y composición de las especies. Además ha provocado la disminución de la extensión de algunas de ellas, en especial de las que se ubican cerca de centros poblacionales o las que crecen junto con especies forestales, tanto maderables como no maderables útiles, las cuales con frecuencia son aprovechadas sin programa de manejo, lo que ocasiona el deterioro de la vegetación.

De forma general, la vegetación del estado presenta evidencias de disturbio debido a la influencia humana, y solamente las comunidades ubicadas en terrenos inaccesibles o en propiedades privadas presentan mayor grado de conservación.

La mayoría de los tipos de vegetación en el estado muestran indicios de sobrepastoreo, especialmente en terrenos de propiedad ejidal donde no se tiene un plan de manejo del pastoreo del ganado (cuadro 2). En la región Carbonífera, ubicada en la subprovincia de Llanuras de Coahuila y Nuevo León, se ha realizado el cambio de uso del suelo para la minería, lo que ha impactado en áreas del matorral tamaulipeco y bosque de encino de *Quercus fusiformis*, por lo cual esta asociación es una de las más amenazadas del estado.

En la región Laguna, ubicada al suroeste del estado, en las subprovincias Del Bolsón de Mapimí y Laguna de Mayrán, se realiza el cambio de uso del suelo, al desmontar áreas con vegetación natural para establecer zonas agrícolas. Esto mismo ocurre en la subprovincia Llanuras y Sierras Volcánicas, en el municipio de Sierra Mojada, con la llegada de grupos de menonitas. En ambos casos se han impactado áreas importantes del matorral micrófilo, matorral halófilo y zacatal halófilo, por lo que se debería regular el uso del suelo a través de la implementación de ordenamientos ecológicos territoriales o con la creación de áreas naturales protegidas (ANP).

En el sureste del estado, particularmente en los municipios de Saltillo, Ramos Arizpe y Arteaga, comunidades de zacatal, matorral micrófilo, matorral submontano y bosque de pino piñonero han sido afectadas por el establecimiento de zonas industriales, áreas agrícolas, fraccionamientos campestres, así como por el crecimiento de las zonas urbanas.

Para el estado se tienen reportes de especies exóticas invasoras, tales como *Arundo donax*, *Tamarix ramosissima*, *T. aphylla*, *Eichhornia crassipes*, *Cynodon dactylon* y *Cenchrus ciliaris* (Villarreal-Quintanilla 2001). De éstas, la más abundante y con mayor potencial invasor es el carrizo (*A. donax*), reportada para el río Bravo, el río Salado y el valle de Cuatro Ciénegas; tales especies desplazan la flora acuática y subacuática nativa de estos cuerpos de agua.

Debido a las fuertes sequías que han ocurrido en los últimos años en el estado, las comunidades boscosas han sido las más afectadas por la mortalidad del arbolado y el bajo reclutamiento de renuevos y plántulas. Se prevé que tal impacto ocasionará su reducción y fragmentación (observación personal).

En la parte norte de la subprovincia Sierras y Llanuras Coahuilenses (en la sierra La Encantada), así como en la subprovincia Serranías del Burro, han ocurrido incendios severos que han afectado comunidades vegetales de bosques de pino, encino, matorral submontano y zacatal amacollado. Por su parte, en la subprovincia Gran Sierra Plegada, los incendios recurrentes han disminuido la superficie del bosque de oyamel y de pino.

Los bosques de oyamel y otras coníferas en la subprovincia de la Gran Sierra Plegada se encuentran amenazados por la sequía de los últimos años. Estos árboles presentan poco vigor, por lo que son susceptibles a ataques de plagas y enfermedades. Además, los incendios periódicos han disminuido su superficie y ocasionado su fragmentación al ser reemplazados por matorrales secundarios (Reyna-Olvera 1998). Por lo anterior, el bosque de oyamel es una de las comunidades más amenazadas en la entidad.

Una parte de las comunidades vegetales representativas del estado se conserva en las ANP, tales como las tres Áreas de Protección de Flora y Fauna (APFF): Sierra Maderas del Carmen, Cuatrociénegas y Ocampo, así como en la Reserva de la Biósfera Mapimí, además de la sierra de Arteaga y sierra de Zapalinamé. No obstante, es necesario hacer un análisis para evaluar las especies y tipos de vegetación que no están incluidas en los esquemas de ANP e idear estrategias para promover la conservación de la vegetación y asegurar la protección de las comunidades vegetales representativas del estado.

Conclusión

En Coahuila se presentan seis tipos de vegetación (cuadros 1 y 2). El matorral desértico chihuahuense, que incluye comunidades como el matorral rosetófilo y micrófilo, es la vegetación más representativa del estado en cuanto a su extensión, además presenta la mayor cantidad de endemismos de plantas y una elevada riqueza de especies de las familias Cactaceae y Agavaceae. Las comunidades boscosas de pino, encino y oyamel, propias de los sistemas montañosos del estado, ocupan tan sólo 3% de su superficie, no obstante, en ellas se alberga 34% de las especies endémicas.

No existen ANP federales o estatales que promuevan la conservación de comunidades de matorrales rosetófilo y micrófilo del centro-sur y suroeste del estado, lo mismo ocurre con el bosque de encino, matorral tamaulipeco y submontano, los cuales se presentan en la subprovincia Serranía del Burro y Llanuras de Coahuila y Nuevo León.

De igual forma, para la vegetación ribereña presente en los ríos del noreste del estado que están ubicados en la subprovincia Llanuras de Coahuila y Nuevo León, no existen áreas protegidas a excepción del Parque Nacional Los Novillos, en el municipio de Acuña, el cual protege una porción de vegetación ubicada en las riberas del arroyo Las Vacas. Por su parte, el Río Sabinas es considerado un sitio Ramsar.

Es importante mencionar que, de acuerdo con Arriaga y colaboradores (2000), en esta subprovincia se localizan cuatro regiones prioritarias para la conservación, por ello deberán implementarse programas para el cuidado de la flora que ahí se presenta.

Las comunidades vegetales que requieren acciones de conservación y restauración de áreas impactadas son: matorral tamaulipeco, bosque de pino y zacatal, ya que son las más afectadas en el estado, al presentar una disminución de su superficie. Su fragmentación se debe a la influencia humana.

Otras, como la vegetación ribereña, subacuática-acuática, bosques de oyamel y de encino, además de la vegetación alpina-subalpina, poseen baja representatividad y su presencia en el estado incrementa la riqueza florística, por ello se deberá garantizar su permanencia.

Se desconoce la dinámica de la vegetación, en especial de aquellas especies arbóreas de las comunidades boscosas, por lo que se recomienda realizar estudios con el objetivo de evaluar la repoblación y conocer la estructura de estos bosques.

Existen vacíos de conocimiento sobre aspectos estructurales y composición de especies de las comunidades vegetales ubicadas en las subprovincias Serranía del Burro y Llanuras y Sierras Volcánicas.

Referencias

Anónimo. 1983. *Síntesis geográfica del estado de Coahuila, México*. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI)/Secretaría de Programación y Presupuesto (SPP), México.

Arriaga, L., J.M. Espinoza, C. Aguilar *et al.* (coords.). 2000. Regiones terrestres prioritarias de México. Escala de trabajo 1:1 000 000. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO), México.

Encina-Domínguez, J.A., F.J. Encina-Domínguez, E. Mata-Rocha y J. Valdés-Reyna. 2008. Aspectos estructurales, composición florística y caracterización ecológica del bosque de oyamel de la sierra de Zapalinamé, Coahuila, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 83:13-24.

Encina-Domínguez, J.A., E. Mata R., J.A. Meave y A. Zárate-Lupercio. 2011. Community structure and floristic composition of *Quercus fusiformis* and *Carya illinoinensis* forests of the Northeastern Coastal Plain, Coahuila, Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82:607-622.

Encina-Domínguez, J.A., J. Valdés R. y J.A. Villarreal Q. 2014. Estructura de un zacatal de toboso (*Hilaria mutica*: Poaceae) asociado a sustrato ígneo en el noreste de Coahuila, México. *Journal of the Botanical Research Institute of Texas* 8(2):583-594.

Henrickson, J. y M.C. Johnston. 1983. Vegetation and community types of the Chihuahuan Desert. En: *Second Symposium on Resources of the Chihuahuan Desert Region, United States and Mexico*. Texas.

Muller, C.H. 1947. Vegetation and climate of Coahuila. *Madroño* 9:33-57.

Pinkava, D.J. 1979. Vegetation and flora of the bolson of Cuatro Cienegas Region, Coahuila, Mexico. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 38:35-73.

Reyna-Olvera, E. 1998. Evaluación de la regeneración natural de coníferas en el área incendiada en 1975, en la Sierra La Marta, Arteaga, Coahuila. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), Saltillo.

Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. Editorial Limusa, México.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación (DOF). Texto vigente.

Villarreal, J.A. y J. Valdés. 1992-1993. Vegetación de Coahuila, México. *Revista de Manejo de Pastizales* 6:9-18.

Villarreal, J.A., M.Á. Carranza P., E. Estrada C. y A. Rodríguez G. 2006. Flora riparia de los ríos Sabinas y San Rodrigo, Coahuila, México. *Acta Botanica Mexicana* 75:1-20.

Villarreal-Quintanilla, J.Á. 2001. *Flora de Coahuila. Listados florísticos de México*. Instituto de Biología-Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), México.

Los matorrales de sotol (*Dasylirion cedrosanum*) del centro-sur del estado

Juan Antonio Encina Domínguez y Jorge Arturo Meave del Castillo

Introducción

El matorral desértico chihuahuense es la vegetación más abundante en Coahuila. Está constituido por comunidades vegetales que se presentan en los sitios más secos del estado, así como en valles y lomeríos pedregosos. Las especies más comunes son: lechuguilla (*Agave lechuguilla*), gobernadora (*Larrea tridentata*) y nopales (*Opuntia* spp.).

En este tipo de vegetación se incluye el matorral rosetófilo de sotol (*Dasylirion* spp.; figura 1), una comunidad que cubre más de la cuarta parte del estado y que está conformada predominantemente por especies del género *Dasylirion*, lechuguilla (*A. lechuguilla*), candelilla (*Euphorbia antisyphilitica*) y escalerilla plateada (*Viguiera greggii*) (Encina-Domínguez *et al.* 2013).

El género *Dasylirion* comprende 16 especies, distribuidas en las regiones montañosas áridas y semiáridas del norte de México y del suroeste de los Estados Unidos de América (Bogler 1995, 1998); tres de ellas (*D. cedrosanum*, *D. leiophyllum* y *D. texanum*) se presentan en Coahuila (Villarreal-Quintanilla 2001).

La especie de sotol *D. cedrosanum* (figura 2) es la más abundante del género y domina la



Figura 1. Matorral rosetófilo de sotol (*Dasylirion cedrosanum*), asociado a palma samandoca (*Yucca carnerosana*), lechuguilla (*Agave lechuguilla*) y guapilla china (*Hechtia texensis*). Foto: Juan A. Encina.

fisionomía del matorral rosetófilo que se presenta en el centro-sur del estado y áreas adyacentes con Durango y Zacatecas (Henrickson y Johnston 1997, Villarreal-Quintanilla 2001), razón por la cual se le conoce como matorral rosetófilo de sotol.

El matorral de *D. cedrosanum* se distribuye en las subprovincias fisiografías de las Sierras Transversales, Sierra Plegada, Pliegues

---

Encina-Domínguez, J.A., y J.A. Meave. 2018. Los matorrales de sotol (*Dasylirion cedrosanum*) del centro-sur del estado. En: *La biodiversidad en Coahuila. Estudio de Estado*, vol. II. CONABIO/Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza, México, pp. 111-117.



Figura 2. Ejemplares de sotol. Foto: Juan A. Encina.

Saltillo-Parras, Sierra de la Paila y en el extremo sur de la subprovincia Sierras y Llanuras Coahuilenses. Crece en suelos pedregosos poco profundos derivados de roca caliza, en laderas bajas y medias, de zonas montañosas del centro-sur del estado, donde el clima es seco o semiseco, con un rango altitudinal de 850 hasta 2 530 msnm (Encina-Domínguez *et al.* 2013).

Estas condiciones ambientales son comunes en el Desierto Chihuahuense (Henrickson y Johnston 1997), donde la mayoría de las especies del género están presentes (Bogler 1995).

D. cedrosanum es más abundante en las montañas del sur de Coahuila que forman parte de la subprovincia fisiográfica Sierras Transversales, mientras que las densidades más bajas se registran en las sierras del centro del estado, en las subprovincias fisiográficas Sierra de la Paila y Sierras y Llanuras Coahuilenses.

Aunque se considera un arbusto propio del matorral rosetófilo (Marroquín *et al.* 1981), esta comunidad tiene baja densidad, pero aumenta de forma considerable a mayores altitudes, en zonas de transición con matorral submontano y bosque de pino piñonero, donde es frecuente (Henrickson y Johnston 1986, Granados-Sánchez y Sánchez-González 2003).

Riqueza de especies y estado de conservación

El matorral rosetófilo de *D. cedrosanum* alberga una riqueza de 97 especies que pertenecen

a 61 géneros y 28 familias (Encina-Domínguez *et al.* 2013). Las familias más ricas son Cactaceae (30 especies), Fabaceae (familia de las leguminosas) y Asteraceae (plantas con flores compuestas). Cada una cuenta con 12 especies y Agavaceae con nueve.

A su vez, los géneros más ricos son: *Opuntia* (nopales), con siete especies; *Acacia* (huizaches), con cinco; *Agave* (magueyes), con cuatro; y *Viguiera* (compuestas), *Leucophyllum* (cenizo), *Quercus* (encinos) y *Yucca* (palmas), con tres especies cada uno (figura 3).

Además de *D. cedrosanum*, las especies más abundantes en el matorral rosetófilo son: lechuguilla (*Agave lechuguilla*, figura 4), candelilla (*Euphorbia antisyphilitica*), guapilla china (*Hechtia texensis*, figura 5) y escalerilla plateada (*Viguiera greggii*). Algunas especies dominantes en las comunidades son: *Larrea tridentata*, *Lindleya mespiloides*, *Pinus cembroides*, *Quercus intricata* y *Rhus virens*. En cuanto a las formas de vida, 93% de las especies son arbustos y el resto son árboles que crecen de manera aislada a través del matorral.

En cuanto a los endemismos y la situación de conservación, 11 especies se distribuyen exclusivamente en Coahuila y estados adyacentes, y 10 están listadas en la nom-059-semarnat-2010 bajo algún estatus de conservación en México (semarnat 2010).

Las especies *Acharagma aguirreanum*, *Agave victoriae-reginae* (figura 6) y *Thelocactus rinconensis* son endémicas y están listadas bajo las categorías sujeta a protección especial, peligro de extinción y amenazada, respectivamente (cuadro 1). En algunos matorrales se presenta la orquídea *Dichromanthus cinnabarinus*, especie considerada como “rara” debido a su escasa densidad poblacional (figura 7).

Estructura del matorral y sus asociaciones de especies

En la región centro-sur del estado se presentan cinco asociaciones de especies como va-



Figura 3. Palma samandoca (*Yucca carnerosana*) en matorral rosetófilo del municipio de Saltillo, donde se observan individuos de sotol, lechuguilla y biznaga burra. Foto: Juan A. Encina.



Figura 4. Lechuguilla (*Agave lechuguilla*) en matorral rosetófilo, municipio de Ramos Arizpe. Foto: Juan A. Encina.



Figura 5. Guapilla china (*Hechtia texensis*) en matorral rosetófilo, municipio de Viesca. Foto: Juan A. Encina.

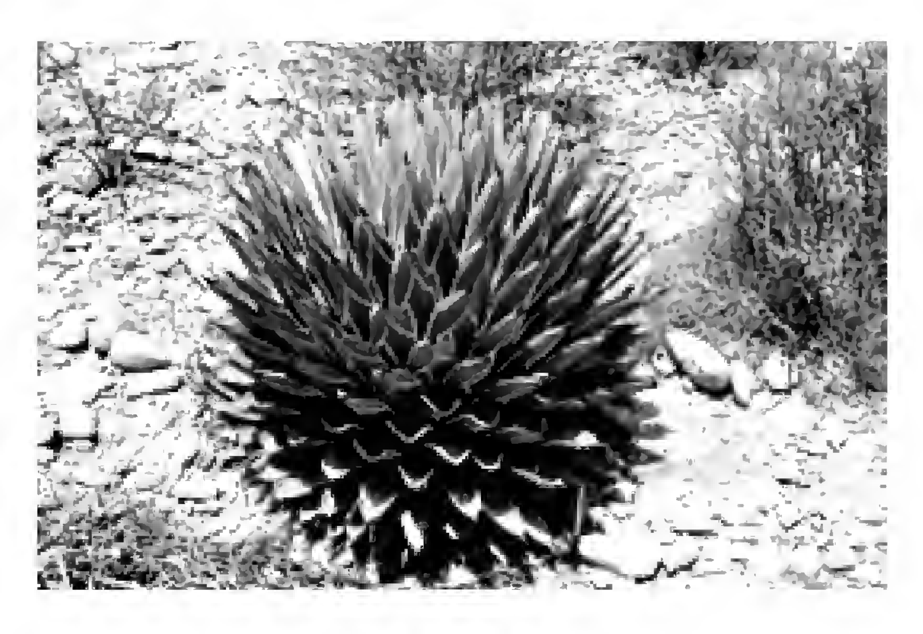


Figura 6. Noa (*Agave victoriae-reginae*). Foto: María del Socorro González/Banco de Imágenes CONABIO.

riantes del matorral de sotol: 1) *A. lechuguilla-D. cedrosanum*; 2) *Hechtia texensis-A. lechuguilla*; 3) *D. cedrosanum-Euphorbia antisyphilitica*; 4) *D. cedrosanum-Viguiera greggii*; y 5) *Quercus intricata-D. cedrosanum*.

La asociación con mayor diversidad (índice de diversidad de Shannon) se presenta en la dominada por *D. cedrosanum-V. greggii*, con una densidad de *D. cedrosanum* que varía de 193 a 705 ind/ha. La mayor densidad se registra en la asociación *Q. intricata-D. cedrosanum*, con 705 individuos sobre hectárea.

Cuadro 1. Especies endémicas y en alguna categoría de riesgo del matorral rosetófilo.

Nombre científico	Nombre común	Categoría de riesgo NOM-059	Endemismo
Acacia glandulifera	Huizachillo	—	Coahuila
Agave victoriae-reginae	Noa	P	Coahuila
Acharagma aguirreanum	—	Pr	Coahuila
Astrophytum coahuilense	Bonete de obispo	—	Coahuila
Flourensia ilicifolia	Hojasén	—	Coahuila
F. retinophylla	Hojasén	—	Coahuila
Grusonia bradtiana	Biznaga chorizo	—	Coahuila
Opuntia pailana	—	—	Coahuila
Salvia chamaedryoides var. *coahuilensis*	Salvia	—	Coahuila
Thelocactus rinconensis	Cacto de rinconada	A	Coahuila
Viguiera brevifolia	Escalerilla plateada	—	Coahuila
Ariocarpus retusus	Chaute	Pr	México
Echinocactus platyacanthus	Biznaga burra	Pr	México
Epithelantha micromeris	Nido de golondrina	Pr	México
Ferocactus pilosus	Biznaga colorada	Pr	México
F. uncinatus	Biznaga ganchuda	A	México
Lophophora williamsii	Peyote	Pr	—
Pinus pinceana	Pino triste	P	México

Pr: sujeta a protección especial; A: amenazada; P: peligro de extinción.
Fuente: Villarreal-Quintanilla y Encina-Domínguez 2005, SEMARNAT 2010.

Este atributo presenta amplias variaciones de acuerdo a la altitud, pues en elevaciones menores a 1 000 msnm, su densidad media es inferior a 200 ind/ha, mientras que en altitudes mayores, que van de 2 000 a 2 500 msnm, y laderas orientadas al norte, la densidad aumenta de 900 a 1 200 ind/ha, lo que sugiere que responde de forma positiva al incremento de la humedad y disminución de la temperatura.

La asociación *A. lechuguilla-D. cedrosanum* se distribuye en gran parte del centro-sur de Coahuila; es la de mayor riqueza, con 70 especies. Es común en laderas medias que cuentan con una altitud promedio de 1 500 msnm, con un rango entre los 905 a 2 381 msnm, y es frecuente en las sierras de la parte centro-oriental (La Paila y La Gavia) y en las del sureste y suroeste (Zapalinamé, Parras y Jimulco).

La vegetación está dominada por *A. lechuguilla* y forma densas colonias que representan 30% de la cobertura total, con una altura media de la vegetación de 1.37 m. La especie codominante es *D. cedrosanum*, con una densidad media de 492 ind/ha. Algunas especies comunes son *Fouquieria splendens* y *E. antisyphilitica*. De manera aislada se presentan algunas biznagas, como la biznaga colorada (*Ferocactus pilosus*) y la biznaga burra (*Echinocactus platyacanthus*, figura 8) que, junto con *D. cedrosanum* y *F. splendens*, sobrepasan la altura media de esta asociación.

A pesar de la considerable variación de la densidad de *D. cedrosanum* entre las asociaciones de esta especie, en el centro-sur del estado su densidad media es 475 ind/ha, casi 40% mayor que el valor reportado de 341 ind/ha para el noreste del estado de Zacatecas (Robles-Esparza *et al.* 2008). Esta diferencia entre densidades podría ser explicada en parte, debido a que en la región de Cedros y Mazapil, en el norte de Zacatecas, su recolección destinada a la preparación de bebidas alcohólicas se ha realizado desde hace más de dos décadas (Robles-Esparza *et al.* 2008).

En cambio, en Coahuila los aprovechamientos de la especie son aún incipientes, no obstante, se requiere mayor investigación para determinar las causas de las diferencias de densidad entre estas regiones.



Figura 7. Orquídea (*Dichromanthus cinnabarinus*) en crecimiento en matorral rosetófilo de la sierra de Zapalinamé. Foto: Juan A. Encina.



Figura 8. Biznaga burra (*Echinocactus platyacanthus*), especie sujeta a protección especial por la NOM-059-SEMARNAT-2010. Foto: Juan A. Encina

Importancia y aprovechamiento

El sotol representa uno de los productos forestales no maderables más importantes de las zonas rurales del estado. Se utiliza para la alimentación del ser humano y del ganado, así como fuente de materiales para la construcción y destilado artesanal de bebidas alcohólicas (Marroquín *et al.* 1981, Romahn de la Vega 1992, Olhagaray-Rivera

et al. 2004). En los últimos años su importancia comercial ha aumentado; se cosecha para producir un licor que se obtiene a partir de los tallos y al que se conoce como sotol (Marroquín *et al.* 1981, Sierra-Tristán *et al.* 2008).

Esta actividad carece de planes de manejo adecuados y no existen sembradíos comerciales, ya que las plantas son extraídas deliberadamente de las comunidades naturales (Villavicencio-Gutiérrez *et al.* 2007). Por tanto, sus poblaciones podrán verse disminuidas de manera drástica y quizá se afectará, a su vez, a las especies endémicas asociadas al matorral, mismas que están incluidas bajo alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Villarreal-Quintanilla y Encina-Domínguez 2005, SEMARNAT 2010).

Conclusión

El matorral de sotol alberga especies de biznagas y magueyes, algunos endémicos y otros de lento crecimiento, además de que proporciona hábitat a la fauna propia de este ecosistema y brinda protección al suelo contra la erosión. Se desconocen los efectos de la recolección de *D. cedrosanum* sobre la estructura de sus poblaciones y especies asociadas, así como los causados en las comunidades vegetales donde se presenta esta especie. Por ello es necesario realizar estudios que permitan conocer su dinámica y establecer la normatividad más adecuada para su aprovechamiento comercial.

En Coahuila existe una urgente necesidad de diseñar planes de manejo eficaces con el fin de minimizar el impacto humano en esta comunidad, así como para evitar la reducción de la superficie de los matorrales; estas acciones resultarán decisivas para la conservación de la especie. Una estrategia favorable pudiera ser la implementación de unidades de manejo para la conservación de la vida silvestre (UMA), las cuales estén destinadas al aprovechamiento de esta especie y al decrecimiento de la presión sobre las poblaciones silvestres.

En este sentido, el uso de las técnicas de micropropagación del sotol puede ser una opción adecuada, ya que se podría ayudar a aumentar la regeneración (Villavicencio-Gutiérrez *et al.* 2007). Además es necesario estudiar la dinámica de sus poblaciones con el objetivo de garantizar la regulación más adecuada para su extracción comercial.

Al considerar la falta de áreas protegidas en esta región, la conservación del matorral de *D. cedrosanum* (y de las especies endémicas y amenazadas asociadas) continúa en peligro debido al manejo actual. Por lo anterior, es necesario definir un plan de acción para la conservación y uso sostenible de los matorrales de sotol en Coahuila.

Referencias

Bogler, D.J. 1995. Systematics of *Dasylirion*: taxonomy and molecular phylogeny. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 56:69-76.

——. 1998. Three new species of *Dasylirion* (Nolinaceae) from Mexico and a clarification of the *D. longissimum* complex. *Brittonia* 50:71-86.

Encina-Domínguez, J.A., J.A. Meave y A. Zárate L. 2013. Structure and woody species diversity of the *Dasylirion cedrosanum* (Nolinaceae) rosette scrub of central and southern Coahuila state, Mexico. *Botanical Sciences* 91 (3):335-347.

Granados-Sánchez, D. y A. Sánchez-González. 2003. Clasificación fisonómica de la vegetación de la sierra de Catorce, San Luis Potosí, a lo largo de un gradiente altitudinal. TERRA *Latinoamericana* 21:321-332.

Henrickson, J. y M.C. Johnston. 1986. Vegetation and community types of the Chihuahuan Desert. En: *Second Symposium on Resources of the Chihuahuan Desert Region, United States and Mexico*. Texas.

——. 1997. *A flora of the Chihuahuan Desert Region*. (versión preliminar Vol. 1 y 2). Los Angeles.

Marroquín, J.S., G. Borja-L., R. Velázquez-C. y J.A. de la Cruz-C. 1981. *Estudio ecológico dasonómico de las zonas áridas del norte de México*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales (INIF)/Secretaría de Agricultura y Ganadería (SAG), México.

Olhagaray-Rivera, E.C., G. Esparza-Chávez y F. Vega-Sotelo. 2004. Producción y comercialización de licores de sotol (*Dasylirion cedrosanum* Trel.) en Durango, México. *Revista Ciencia Forestal* 29:83-90.

Robles-Esparza, A., M.J.L. España y B.H. Robles. 2008. Biomasa y forraje, distribución espacial y abundancia de la planta del sotol (*Dasylirion* spp.) en el ejido El Jazmín, Mazapil, Zacatecas, México. *Revista Investigación Científica* 4:1-9.

Romahn de la Vega, C.F. 1992. *Principales Productos Forestales no Maderables de México*. Universidad Autónoma Chapingo (uach), Texcoco.

semarnat. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana nom-059-semarnat-2010. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el dof. Texto vigente.

Sierra-Tristán, S., C.R. Lara-Macías, R. Carrillo-Romo *et al*. 2008. Los sotoles (*Dasylirion* spp.) de Chihuahua. Folleto técnico Núm. 20, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (inifap), México.

Villarreal-Quintanilla, J.Á. 2001. *Flora de Coahuila. Listados florísticos de México*. Instituto de Biología-unam, México.

Villarreal-Quintanilla, J.Á. y J.A. Encina-Domínguez. 2005. Plantas vasculares endémicas de Coahuila y algunas áreas adyacentes, México. *Acta Botanica Mexicana* 70:1-46.

Villavicencio-Gutiérrez, E., A. Cano-Pineda y A. Juárez-Santana. 2007. Guía para la micropropagación y producción *in vitro* de plantas de sotol (*Dasylirion cedrosanum* Trel.). Folleto técnico Núm. 37, inifap, México.



Vegetación del Área de Protección de Flora y Fauna Cuatrociénegas

Juan Antonio Encina Domínguez

Introducción

Cuatro Ciénegas se localiza en el centro de Coahuila, en el límite oriental del Desierto Chihuahuense, subprovincias Sierras y Llanuras Coahuilenses y Sierra de la Paila. Forma parte de una cuenca endorreica con drenaje interno, es decir, el agua no fluye fuera de la cuenca a través de un río, y tiene altitud media de 700 msnm. Sus ambientes acuáticos (lagunas, ríos, pozas y pantanos; figura 1) y desérticos (dunas con alta concentración de yeso) conforman un ecosistema único.

El valle está rodeado por montañas elevadas que se constituyen por rocas calizas donde domina el matorral desértico chihuahuense que incluye comunidades de matorrales rosetófilo y micrófilo (figura 2); en las partes altas se presenta matorral submontano y bosque de coníferas, el cual tiene una reducida superficie localizada en la cima (ladera norte) de la sierra La Madera.

Fue decretado área natural protegida (ANP) en la categoría de Área de Protección de Flora y Fauna (INE y SEMARNAP 2000), con el objeto de preservar el hábitat natural de la región y los ecosistemas más frágiles, asegurar el equilibrio y la continuidad de sus procesos evolutivos, aprovechar racionalmente sus recursos naturales y salvaguardar la diversidad genética de las especies endémicas que se encuentren amenazadas y en peligro de extinción.



Figura 1. Vista de una poza del valle de Cuatro Ciénegas rodeada por zacatal de *Spartina spartinae*. Foto: Alejandro Boneta Rodríguez/Banco de Imágenes CONABIO.

Por su singularidad, la vegetación del valle ha llamado la atención de varios investigadores. Henrickson (1977) describió de forma general las zonas salinas y la vegetación halófila; por su

Encina-Domínguez, J.A. 2018. Vegetación del Área de Protección de Flora y Fauna Cuatrociénegas. En: *La biodiversidad en Coahuila. Estudio de Estado,* vol. II. CONABIO/Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza, México, pp. 119-126.

parte, Pinkava (1980, 1984) publicó los tipos de vegetación y un listado florístico. Asimismo Villarreal-Quintanilla (2001) publicó un extenso registro de colectas botánicas realizadas en esta área.

Descripción de vegetación

Para el valle de Cuatro Ciénegas se han reportado 796 especies de plantas vasculares (Pinkava 1984), de las cuales 52 de ellas y siete variedades son endémicas (Villarreal-Quintanilla y Encina-Domínguez 2005). Por efecto de su clima árido y semiárido, así como por sus suelos de tipo xerosol que cuentan con presencia de sales y sulfato de calcio (yeso), presenta asociaciones vegetales propias del Desierto Chihuahuense y de la mayor parte del estado.

En el valle se presentan siete comunidades vegetales: matorral desértico micrófilo, matorral desértico rosetófilo, matorral halófilo, pastizal halófilo, vegetación gipsófila, mezquitales y vegetación acuática y subacuática, las cuales se describen a continuación.

Matorral desértico micrófilo

Se trata de un matorral abierto con arbustos aislados con altura de hasta 1.5 m, la mayoría sin espinas (inermes) y algunos con hojas cubiertas de resina, como la gobernadora (*Larrea tridentata*) y el hojasén (*Flourensia cernua*); además crece nopal (*Opuntia phaeacantha*) y ocotillo (*Fouquieria splendens*; figura 3). Se localiza alrededor del valle, donde los suelos son arcillosos y profundos.

En sitios donde la superficie posee una ligera salinidad se presentan dos especies: *Sericodes greggii* y *Cordia parviflora*. Bajo los arbustos crecen algunas cactáceas como *Ferocactus hamatacanthus*, *Echinocactus horizonthalonius* y *Mammillaria heyderi*. Las hierbas más comunes son *Acourtia parryi* y *Psilostrophe gnaphalodes*.



Figura 2. Vista panorámica del valle de Cuatro Ciénegas. Foto: Miguel Ángel Sicilia Manzo/Banco de Imágenes conabio.



Figura 3. Matorral desértico micrófilo dominado por la gobernadora (*Larrea tridentata*) y nopal (*Opuntia phaeacantha*). Foto: Miguel Ángel Sicilia Manzo/ Banco de Imágenes conabio.

Matorral desértico rosetófilo

Se localiza en las laderas bajas de la sierra y llega hasta una altitud de 1 100 msnm; crece sobre laderas con suelos pedregosos derivados de roca caliza (figura 4). Es un matorral bajo de hasta 1.5 m integrado por varias especies de maguey, como la lechuguilla (*Agave lechuguilla*), maguey cenizo (*A. scabra*), además de colonias densas de guapilla china (*Hechtia texensis*), candelilla (*Euphorbia antisyphilitica*) y sangre de drago (*Jatropha dioica*), así como la oreja de ratón (*Tiquilia greggii*).

En esta comunidad se presenta una alta riqueza de especies de cactáceas, como el

organillo viejo (*Grusonia bradtiana*; figura 5), alicoche (*Echinocereus stramineus*), peyote (*Lophophora williamsii*), biznaguita (*Neolloydia conoidea*), biznaga nido de golondrina (*Epithelantha micromeris*; figura 6), además de chaute (*Ariocarpus fissuratus*; figura 7).

En los cañones se establecen colonias aisladas de palmas, como palmilla (*Yucca rigida*; figura 8) y palma pita (*Y. treculeana*). En las laderas sobresalen por su altura individuos aislados de sotol (*Dasylirion cedrosanum*) y ocotillo (*F. splendens*; figura 9). El estrato herbáceo está dominado por el zacate chino (*Bouteloua ramosa*).



Figura 4. Matorral desértico rosetófilo con palmilla (*Yucca rigida*), organillo viejo (*Grusonia bradtiana*), tronadora (*Tecoma stans*) y zacate chino (*Bouteloua ramosa*). Foto: Iván Montes de Oca/Banco de Imágenes conabio.

Matorral halófilo

Se presenta en el centro del valle, donde se acumulan sales y en muchas ocasiones se asocia con el zacatal halófilo. Se distribuye en una altitud media de 725 msnm. Está formado por arbustos que poseen hojas pequeñas y suculentas con alturas de 0.3 a 1.5 m; se adapta a suelos con alta concentración de sales y mal drenaje.

Las especies arbustivas dominantes son: saladilla (*Allenrolfea occidentalis*), costilla de vaca (*Atriplex canescens*), jauja (*Suaeda mexicana* y *S. suffrutescens*), *Isocoma drummondii* y *Salicornia virginica*. Se presentan hierbas aisladas como *Eustoma exaltatum, Samolus ebracteatus* y *Nama serpylloides*. De forma aislada se presenta la biznaga (*Escobaria vivipara*). Son frecuentes arbustos altos de mezquite (*Prosopis glandulosa*) con copas amplias que crecen de forma aislada o en agrupaciones pequeñas (figura 10).



Figura 5. Organillo viejo (*Grusonia bradtiana*). Foto: Miguel Ángel Sicilia Manzo/Banco de Imágenes conabio.

Zacatal halófilo

Se trata de una comunidad dominada por gramíneas perennes de tipo amacollado, con alturas de hasta 2 m, y arbustos aislados principalmente de mezquite. Se distribuye en el valle en una altitud media de 720 msnm. La especie dominante es el zacatón alcalino (*Sporobolus airoides*; figura 11), la cual en ocasiones forma comunidades puras y muy



Figura 6. Nido de golondrina (*Epithelantha micromeris*). Foto: César Edgardo Rodríguez/Banco de Imágenes conabio.



Figura 7. Chaute (*Ariocarpus fissuratus*). Foto: Javier Hinojosa/Banco de Imágenes conabio.



Figura 8. Palmilla (*Yucca rigida*) Foto: Miguel Ángel Sicilia Manzo/Banco de Imágenes conabio.

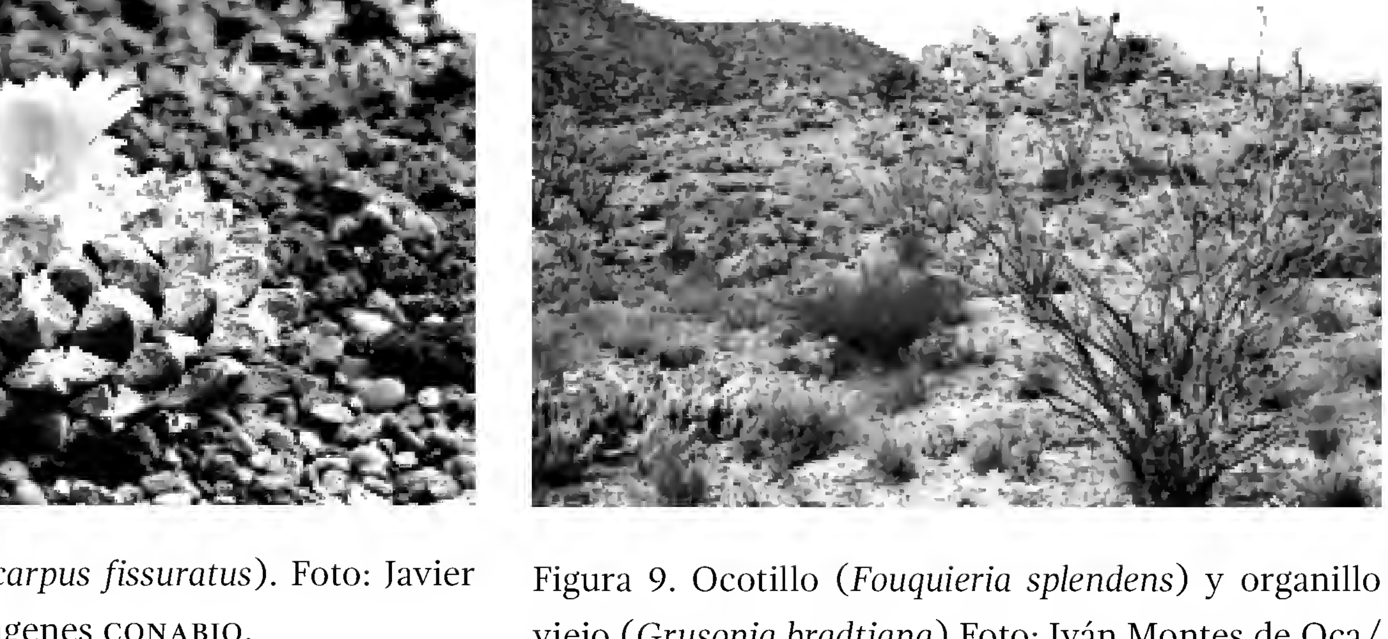


Figura 9. Ocotillo (*Fouquieria splendens*) y organillo viejo (*Grusonia bradtiana*) Foto: Iván Montes de Oca/ Banco de Imágenes conabio.



Figura 10. Matorral halófilo en suelos salinos con costilla de vaca (*Atriplex canescens*), mezquite (*Prosopis glandulosa*) y *Sericodes greggii*. Foto: Miguel Ángel Sicilia Manzo/Banco de Imágenes conabio.



Figuran 11. Zacatal halófilo de zacatón alcalino (*Sporobolus airoides*). Foto: Miguel Ángel Sicilia Manzo/Banco de Imágenes conabio.



Figura 12. Zacatal halófilo de zacatón alcalino (*Sporobolus airoides*) con individuos aislados de sotol (*Dasylirion cedrosanum*). Foto: Alejandro Boneta Rodríguez/Banco de Imágenes conabio.

densas. Una variante de esta comunidad está integrada por un zacatal bajo en el que dominan pastos con altura media de 30 cm, integrada por los zacates salados (*Distichlis spicata* y *D. littoralis*).

Con menor densidad crece el zacatón correoso (*Spartina spartinae*) y son frecuentes las hierbas: *Eustoma exaltatum* y *Samolus ebracteatus*, las cuales en la temporada de floración resaltan en el pastizal debido a sus flores. Se presentan también arbustos aislados de mezquite (*P. glandulosa*), además de especies propias del matorral halófilo, tales como la costilla de vaca (*Atriplex acanthocarpa* y *A. canescens*) y *Salicornia virginica*. En ocasiones se presentan individuos aislados de sotol (*Dasylirion cedrosanum*; figura 12).

Vegetación gipsófila

Se localiza al suroeste del valle, en los alrededores del sistema fluvial Churince, a una altitud media de 768 msnm. Dentro de este matorral se tiene la mayor riqueza de especies arbustivas y herbáceas endémicas, las cuales restringen su distribución a suelos con altos contenidos de sulfato de calcio (figura 13). En las dunas poco estabilizadas se presentan, aunque con baja densidad, hierbas como *Nerisyrenia incana* (figura 14).

A medida que los suelos se estabilizan, se forma una capa dura y de color grisáceo oscuro, donde se establecen de manera aislada arbustos gipsófilos como *Petalonyx crenatus* y *Selinocarpus purpusianus*. Éstos conviven con especies tolerantes al suelo yesoso, como palma



Figura 13. Depósito de sulfato de calcio en el valle de Cuatro Ciénegas. Foto: Alejandro Boneta Rodríguez/ Banco de Imágenes CONABIO.



Figura 14. Especies herbáceas sobre dunas de yeso. Foto: Iván Montes de Oca/Banco de Imágenes CONABIO.



Figura 15. Sotol (*Dasylirion cedrosanum*) en dunas de yeso. Foto: Alejandro Boneta Rodríguez/Banco de Imágenes CONABIO.

pita (*Yucca treculeana*), mezquite (*Prosopis glandulosa*) y ocotillo (*Fouquieria splendens*).

En el estrato más bajo, donde se encuentran las plantas con forma de vida herbácea, se tienen especies consideradas como "raras" por su baja densidad, entre ellas, *Marshalljohnstonia gypsophila* y *Phacelia marshall-johnstonii,* además de otras comunes como *Euphorbia astyla* y *Mentzelia saxicola*. En algunas áreas crecen colonias de sotol (*D. cedrosanum*; figura 15), las cuales sobresalen por su forma de crecimiento. Como parte de esta vegetación se presenta la *Cylindropuntia anteojoensis*, especie endémica que está sujeta a protección especial por la NOM-059 (SEMARNAT 2010).

Mezquitales

Lo conforman pequeñas áreas que se localizan en hondonadas con suelos profundos y con disponibilidad de humedad, y alrededor de algunas pozas donde se presentan arbustos y árboles bajos de mezquite (*Prosopis glandulosa*), granjeno (*Celtis pallida*) y clepe (*Ziziphus obtusifolia*). En estas áreas abunda el zacate pata de gallo (*Cynodon dactylon*) y *Physaria fendleri*, así como la escobilla (*Isocoma coronopifolia* y *Gutierrezia sarothrae*). Éstas últimas son frecuentes en áreas impactadas.

Vegetación acuática y subacuática

Concentra su distribución en los cuerpos de agua (conocidos como pozas) que brotan de



Figura 16. Vegetación subacuática y acuática en pozas de Cuatro Ciénegas. Foto: Miguel Ángel Sicilia Manzo/ Banco de Imágenes conabio.

manantiales alrededor de la sierra de San Marcos y Pinos (ine y semarnap 2000), como la Poza Azul, la Becerra, Playitas, río Los Mezquites y laguna de Churince (figura 16). La principal especie acuática es *Nymphaea ampla* (figura 17), además de otras, como *Najas guadalupensis* var. *guadalupensis* y *Ruppia maritima.*

Las especies subacuáticas más comunes son el tule (*Typha domingensis*), además de las ciperáceas *Cladium jamaicense* y *Eleocharis cellulosa,* y la juncácea *Juncus torreyi*, las cuales crecen en las orillas de los ríos, pozas, manantiales y lagunas. Alrededor de estas últimas se presenta un matorral denso de carrizos dominado por *Arundo donax* y *Phragmites australis*; en algunas de ellas crece el zacate pata de gallo (*Cynodon dactylon*). Estas especies son introducidas al área y se han convertido en invasoras de las pozas, por lo que desplazan a la vegetación original.



Figura 17. Ninfa *Nymphaea ampla* en poza de Cuatro Ciénegas. Foto: Miguel Ángel Sicilia Manzo/Banco de Imágenes conabio.

Amenazas

La sobreexplotación del agua para riego de cultivos agrícolas ha ocasionado la disminución del nivel de las pozas, lo que ha afectado direc-

tamente la riqueza y diversidad de especies de la vegetación acuática y subacuática. Además, la extracción de yeso en algunas áreas ha impactado al matorral gipsófilo, especialmente a las especies endémicas de estos sitios (véase cuadro 2 del capítulo Tipos de vegetación y comunidades vegetales, en esta misma obra)

El pastoreo de ganado se ha realizado sin control. Esto ha influido negativamente en la composición y estructura de la mayoría de las comunidades vegetales. Se tienen reportes de especies exóticas invasoras para el área, tales como *Arundo donax, Tamarix ramosissima, T. aphylla* y *Eichhornia crassipes* (Villarreal-Quintanilla 2001), no obstante, el carrizo (*A. donax*) es el que más preocupa, pues está presente en casi todos los humedales (CONABIO *et al.* 2006, Contreras 2007).

Estas especies invasoras pueden desplazar la flora acuática y subacuática, además de la fauna acuática nativa y algunas endémicas de estos cuerpos de agua (véase Amenazas a la biodiversidad de Cuatro Ciénegas, en esta misma obra).

Conclusión

Se considera primordial realizar acciones que promuevan la conservación de los recursos naturales de esta ANP. Se deben generar las condiciones para controlar las especies invasoras, sobre todo las que afectan a las nativas y endémicas de los humedales.

Resulta fundamental impulsar la restauración de áreas que evidencien degradación de su cubierta vegetal y suelo debido a la influencia humana, asimismo, controlar y manejar adecuadamente el pastoreo del ganado y regular la extracción de agua como medida para conservar la vegetación acuática y subacuática de las pozas.

En las áreas de aprovechamiento de yeso, se deberá regular la extracción de especies con la finalidad de conservar las propias del matorral gipsófilo. Debe ser prioritario implementar un programa de educación ambiental dirigido a la población local para que se involucre en la conservación de las comunidades vegetales.

Referencias

CONABIO, Aridamérica, GECI y TNC. 2006. *Especies invasoras de alto impacto a la biodiversidad: prioridades en México.* CONABIO/Aridamérica/GECI/TNC, México.

Contreras, A.A. 2007. Investigación sobre la distribución de la planta invasora carrizo gigante (*Arundo donax*) en la cuenca del río Bravo. Informe final. Pronatura Noreste A.C., México.

Henrickson, J. 1977. Saline habitats and halophytic vegetation of the Chihuahuan Desert Region. En: *Transactions of the Symposium on the Biological Resources of the Chihuahuan Desert Region*. Texas.

INE y SEMARNAP. Instituto Nacional de Ecología y Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. 2000. Programa de Manejo del Área de Protección de Flora y Fauna Cuatrociénegas. INE/SEMARNAP, México.

Pinkava, D.J. 1980. Vegetation and flora of the bolson of Cuatro Cienegas, Coahuila, Mexico. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 38:35-73.

——. 1984. Vegetation and flora of the bolson of Cuatro Cienegas region, Coahuila, Mexico: IV. Summary, endemism and corrected catalogue. *Journal of the Arizona-Nevada Academy of Science* 19:23-47.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el DOF. Texto vigente.

Villarreall-Quintanilla, J.Á. 2001. *Flora de Coahuila. Listados florísticos de México.* Instituto de Biología-UNAM, México.

Villarreall-Quintanilla, J.Á. y J.A. Encina-Domínguez. 2005. Plantas vasculares endémicas de Coahuila y algunas áreas adyacentes, México. *Acta Botanica Mexicana* 70:1-46.

Bosques ribereños del noreste del estado

Juan Antonio Encina Domínguez y Jorge Arturo Meave del Castillo

Introducción

Los bosques ribereños o bosques ribereños subperennifolios (Lot y Novelo 1990) son comunidades vegetales que se presentan a lo largo de los ríos. Se caracterizan por la presencia de especies como el nogal (*Carya illinoinensis*) y el encino blanco (*Quercus fusiformis*). Otros géneros comunes son: chapote (*Diospyros*), mora (*Morus*), sicomoro (*Platanus*), fresno (*Fraxinus*), nogal (*Juglans*) y mezquite (*Prosopis*) (Villarreal y Valdés 1992-1993, Villarreal-Quintanilla 2001, Villarreal *et al.* 2006).

En Coahuila estos bosques se distribuyen cerca de los ríos San Rodrigo, San Diego, Escondido y del arroyo Las Vacas (figuras 1 y 2), en la vertiente oriental de la Serranía del Burro, en la subprovincia Llanuras de Coahuila y Nuevo León, y forma parte de la provincia florística Planicie Costera Nororiental, ubicada en el noreste de Coahuila.



Figura 1. Bosques ribereños en el río San Diego, municipios de Zaragoza y Jiménez. Foto: Juan A. Encina.



Figura 2. Bosques ribereños en el río San Rodrigo, municipios de Zaragoza y Piedras Negras. Foto: Juan A. Encina.

Distribución

Los bosques ribereños tienen una distribución restringida e irregular en Coahuila y Nuevo

Encina-Domínguez J.A. y J.A. Meave. 2018. Bosques ribereños del noreste del estado. En: *La biodiversidad en Coahuila. Estudio de Estado*, vol. II. CONABIO/Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza, México, pp. 127-132.

León. El noreste del estado es la única región de México donde se presentan bosques de encino dominados por *Q. fusiformis* (figura 3), los cuales ocupan una superficie inferior al 1% del territorio estatal (Anónimo 2001).

Estas comunidades también están presentes en la planicie costera de Texas (Muller 1951, Correll y Johnston 1970, Fowler 1988) y algunas poblaciones de encino blanco se distribuyen de forma irregular a lo largo de arroyos intermitentes y cañones en el este de Coahuila (Encina-Domínguez y Villarreal-Quintanilla 2002), en el centro y noreste de Nuevo León (Valdés y Aguilar 1983, Marroquín 1985), así como en la sierra de San Carlos, Tamaulipas (Briones 1991).



Figura 3. Árbol de encino blanco (*Quercus fusiformis*). Foto: Juan A. Encina.

Riqueza de especies

Para los bosques ribereños se han registrado 48 especies, integradas en 29 familias. Las de mayor riqueza son Poaceae (pastos), Asteraceae (plantas con flores compuestas) y Malvaceae. La riqueza de especies con forma de vida arbórea corresponde a 14 especies. El encino blanco y el nogal son las de mayor densidad (árboles/ha); otras especies frecuentes son palo blanco (*Celtis reticulata*) y chapote (*Diospyros texana*).



Figura 4. Árboles de encino blanco (*Quercus fusiformis*). Foto: Juan A. Encina.

Asociaciones vegetales

Los bosques ribereños presentan dos asociaciones principales: una dominada por el encino blanco (*Q. fusiformis*) y otra por el nogal (*C. illinoinensis*).

El bosque de *Q. fusiformis* se desarrolla cerca de los ríos San Diego y Escondido, así como al sur de Ciudad Acuña, en el municipio de Acuña, en altitudes entre 270 y 320 msnm. El tronco de los árboles tiene un diámetro medio de 44 cm (figuras 4 y 5) y el dosel es cerrado, con 13 a 25 m de altura.



Figura 5. Bosque de encino abierto con matorral tamaulipeco. Foto: Juan A. Encina.

El estrato arbóreo inferior, que mide de 6 a 9 m de altura, está dominado por palo blanco (*Celtis reticulata*) y otras especies como chapote (*D. texana*), nogal (*Carya illinoinensis*) y coma (*Bumelia lanuginosa*). Se presentan individuos aislados de olmo (*Ulmus crassifolia*) con diámetro medio de 29 centímetros.

En los sitios donde el dosel arbóreo es abierto se presentan árboles de mezquite (*Prosopis glandulosa*) y huizache (*Acacia farnesiana*), además de arbustos como nopal forrajero (*Opuntia engelmannii*), cenizo (*Leucophyllum frutescens*) y granjeno (*Celtis pallida*) con alturas de 1 a 2 m (figura 4).

El estrato herbáceo tiene una altura de 10 a 35 cm, donde dominan *Allowissadula holosericea*, *Croton fruticulosus* y *Pavonia lasiopetala*; asimismo, es frecuente encontrar la presencia de las especies trepadoras *Smilax bona-nox* y *Vitis cinerea*. El encino blanco presenta pocos rebrotes, los cuales se concentran cerca de los arboles adultos; de forma similar, los árboles juveniles son escasos. Otras de sus características son presentadas en el cuadro 1.

El bosque en el que domina *Carya illinoinensis* prospera en las orillas de los ríos San Diego, San Rodrigo y del arroyo Las Vacas, en altitudes entre 250 y 300 msnm; junto con esta especie también se presenta el encino blanco y ambas constituyen el estrato superior que cuenta con 12 a 18 m de altura (figura 6). En el estrato arbóreo inferior, de 6 a 8 m de altura, son comunes *Celtis reticulata*, *Platanus occidentalis* y *Morus celtidifolia*; estas dos últimas especies sólo se registraron a lo largo del río San Rodrigo con densidades bajas: 16 y 8 árboles/ha, respectivamente.

Las especies del estrato arbóreo que tienen una distribución especial son *Ulmus crassifolia*, que se presenta exclusivamente en las comunidades donde *Carya illinoinensis* tiene dosel abierto en una porción del arroyo Las Vacas, con una densidad baja (5 ind/ha); mientras que *Bumelia lanuginosa*, *B. celastrina* y *Diospyros texana* son poco frecuentes en áreas con menor disponibilidad de agua.

En las zonas con mayor apertura del dosel, son frecuentes las plántulas y los juveniles de *Acacia farnesiana* y *Prosopis glandulosa*, junto con arbustos xerófilos como *O. engelmannii* y *Celtis pallida*. Las trepadoras como *Vitis cinerea*, *Smilax bona-nox* y *Toxicodendron radicans* son comunes. La altura del estrato herbáceo oscila entre 5 y 60 cm, y las especies más abundantes son *Viguiera dentata*, *Sanvitalia ocymoides*, *Cyperus odoratus* y *Abutilon incanum*.

Las plántulas y los juveniles de *C. illinoinensis* son escasos y están restringidos a los sitios más húmedos. Los mayores diámetros corresponden a *C. illinoinensis* y *Q. fusiformis*; de hecho, para la última especie se registró el diámetro más grande (150 cm). Las especies más importantes en el estrato arbóreo inferior son *Platanus occidentalis*

Cuadro 1. Comparación de características estructurales de las principales asociaciones en los bosques ribereños de Coahuila.

Especie dominante en la asociación	Altura (m)	Densidad (ind/ha)	Área basal (m^2/ha)	DAP 5-15 cm	DAP >15 cm
Quercus fusiformis	13-25	386	24.3	*Diospyros texana, Celtis reticulata, C. illinoinensis*	*Q. fusiformis*
Carya illinoinensis	6-18	302	21.2	*C. illinoinensis*	*C. illinoinensis, Q. fusiformis*

DAP: diámetro a la altura del pecho.
Fuente: Encina-Domínguez *et al.* 2011.

y *Celtis reticulata*, cuya mayor densidad se presenta en las categorías diamétricas de 15 y 5 cm, respectivamente (cuadro 1; Encina-Domínguez *et al.* 2011).

Importancia y estado de conservación

Entre los servicios ambientales más importantes que brindan los bosques ribereños está la prevención de la erosión y la filtración de sedimentos, nutrientes y contaminantes, lo que en última instancia mejora la calidad del agua (Patten 1998), así como el papel que tienen como un hábitat que favorece a la fauna silvestre (Solís y Jenkins 1998).

La región donde se localizan los bosques ribereños alberga una biodiversidad relativamente alta, y por ello se ha incluido dentro de dos regiones terrestres prioritarias de México para la conservación: Sierra El Burro-Río San Rodrigo y Cinco Manantiales (Arriaga *et al.* 2000); esta última comprende la cuenca del río Escondido. La protección de estos bosques en Coahuila inició el 18 de junio de 1940 con la creación del Parque Nacional Los Novillos (Gómez-Pompa *et al.* 1995), un área natural protegida de 42 ha situada a orillas del arroyo Las Vacas, a 65 km al sureste de Ciudad Acuña (Anónimo 1993).

Desafortunadamente esta pequeña área no garantiza la conservación de los bosques, ya que su extensión representa sólo 0.09% del área ocupada por los bosques de encino y la vegetación ribereña en el estado, aunado a los problemas de regeneración que enfrentan la mayoría de las especies y los diferentes factores que amenazan su permanencia.

Amenazas

Los cambios en la estructura de la vegetación causados por el ser humano están relacionados con la pérdida de diversidad y propician la invasión de especies (Hobbs y Huenneke 1992).

El continuo cambio de uso del suelo para establecer zonas agrícolas, el pastoreo de ganado (bovino, ovino y equino; figura 7), la tala selectiva de encinos y otras especies con fines maderables, el desvío del cauce de los ríos, la construcción de embalses y la explotación de bancos de materiales pétreos cerca de los ríos, además de la extracción de carbón mineral (Arriaga *et al.* 2000, Anónimo 2001), han dado lugar a la fragmentación y reducción de estos bosques de encino y nogal. Además, dichos factores han provocado bajas densidades de plántulas, rebrotes y arbolado juvenil, y han favorecido cambios significativos en la estructura y composición de estos bosques.



Figura 6. Árboles de nogal (*Carya illinoinensis*, izquierda) y encino blanco (*Quercus fusiformis*, derecha). Foto: Juan A. Encina.



Figura 7. Pastoreo extensivo de ganado bovino en bosques de encino. Foto: Juan A. Encina.

Existe evidencia de que las comunidades xerófilas están remplazando progresivamente a estos

bosques. Los sitios con baja cobertura del dosel son colonizados por especies del matorral espinoso con mezquite (*Prosopis glandulosa*) y huizache (*Acacia farnesiana*), las cuales son consideradas indicadoras de disturbio (Sttubbendieck *et al.* 1992). *P. glandulosa* fue registrada en casi una quinta parte de todos los sitios de bosque de encino, donde la extracción de árboles en el pasado era evidente.

Otro factor importante es que en Coahuila se talan árboles jóvenes –en su mayoría de *Q. fusiformis* y *C. reticulata*– para obtener postes para cercas, producir carbón y para el pastoreo excesivo (observación personal).

En general, los rebrotes y las plántulas de *Q. fusiformis* y *Carya illinoinensis* son escasos y se concentran bajo el dosel de los árboles semilleros. Existe un mayor impacto humano en el bosque de encino que en el de nogal, lo que puede deberse a que en el de encino se realiza más pastoreo y cambio de uso del suelo; por ello, dicha comunidad es más vulnerable y requiere de acciones que garanticen su conservación.

Los efectos negativos de las actividades humanas no son exclusivos del dosel superior, ya que los resultados proporcionan evidencia de la reducción de la riqueza de especies en el estrato arbóreo inferior. Los sitios con impacto humano más evidente tienen menos especies y, en casos extremos de perturbación, sólo se presentan árboles maduros de encino y nogal. Si estas prácticas de manejo continúan, las comunidades boscosas podrían llegar a desaparecer en un futuro no muy lejano.

Conclusión

Se debe promover la protección de los bosques de encino y nogal en la Planicie Costera del Noreste, pues es la única región en el territorio nacional donde se presentan. Otros criterios que justifican la necesidad de conservar estas áreas son: su condición insular dentro de un ecosistema semiárido dominado por el matorral tamaulipeco (Villarreal y Valdés 1992-1993) y que el bosque de encino blanco es un relicto de antiguos bosques más extensos (Rzedowski 1978).

Es importante sumar esfuerzos que permitan la conservación de estos espacios naturales poco comunes en Coahuila, lo que dependerá de una gestión adecuada a través del aprovechamiento racional de los bosques, así como de un programa de investigación dirigido a la comprensión de la dinámica poblacional de las especies dominantes y su regeneración.

Al aplicar el anexo normativo ii de la nom-059-semarnat-2010 (semarnat 2010), se propone que *Q. fusiformis*, *C. illinoinensis* y *U. crassifolia* sean consideradas como especies "en peligro de extinción a nivel local"; mientras que *P. occidentalis* debiera integrarse a la categoría "amenazada".

Referencias

Anónimo. 1993. *Áreas naturales protegidas de México*. Secretaría de Desarrollo Social (sedesol), México.

Anónimo. 2001. *Ordenamiento ecológico de Coahuila, México*. Instituto Coahuilense de Ecología (ice)/Gobierno del Estado de Coahuila, Saltillo.

Arriaga, L., J.M. Espinoza, C. Aguilar *et al.* (coords.). 2000. *Regiones terrestres prioritarias de México*. conabio, México.

Briones, O. 1991. Sobre la vegetación y fitogeografía de la sierra de San Carlos, Tamaulipas. *Acta Botanica Mexicana* 16:15-44.

Correll, D.S. y M.C. Johnston. 1970. *The manual of the vascular plants of Texas*. Texas Research Found, Texas.

Encina-Domínguez, J.A., E. Mata R., J.A. Meave y A. Zárate-Lupercio. 2011. Community structure and floristic composition of *Quercus fusiformis* and *Carya illinoinensis* forests of the Northeastern Coastal Plain, Coahuila, Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82:607-622.

Encina-Domínguez, J. y J.Á. Villarreal-Quintanilla. 2002. Distribución y aspectos ecológicos del género *Quercus* L. en el estado de Coahuila, México. *Polibotánica* 13:1-23.

Fowler, N.L. 1988. Grasslands, nurse trees, and coexistence. En: *Edwards Plateau vegetation: plant ecological studies in central Texas*. B.B. Amos y F.R. Gelbach (eds.). Baylor University Press, Waco, pp. 91-100.

Gómez-Pompa, A., R. Dirzo, B.H. Fernández y E.G. Becerra. 1995. *Las reservas de la biosfera y otras áreas naturales protegidas de México*. SEMARNAP/INE/CONABIO, México.

Hobbs, R.J. y L.F. Huenneke. 1992. Disturbance, diversity, and invasion: implications for conservation. *Conservation Biology* 6:324-337.

Lot, A. y A. Novelo. 1990. Forested wetlands of Mexico. En: *Forested wetlands of the world*. Vol. 15. A.M. Lugo, M.M. Brison y S. Brown (eds.). Elsevier, Amsterdam, pp. 287-298.

Marroquín, R.A. 1985. *El género Quercus L. al noroeste del estado de Nuevo León*. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias Biológicas-Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL), Monterrey.

Muller, C.H. 1951. The oaks of Texas. *Contributions from the Texas Research Foundation* 1:21-313.

Patten, D.T. 1998. Riparian ecosystems of semi-arid North America: diversity and human impacts. *Wetlands* 18:498-512.

Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. Editorial Limusa, México.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el DOF. Texto vigente.

Solís, G.G. y P. Jenkins. 1998. Riparian vegetation on the rio Santa Cruz, Sonora. USDA *Forest Service Proceedings* 5:100-118.

Sttubbendieck, J., S.L. Hatch y C.H. Butterfield. 1992. *North american range plants*. University of Nebraska Press, Lincoln.

Valdés, T.V. y M.L. Aguilar. 1983. *El género Quercus en las unidades fisonómico-florísticas del municipio de Santiago, N.L. México*. Boletín técnico Núm. 98, INIF/Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH), México.

Villarreal-Quintanilla, J.Á. 2001. *Flora de Coahuila. Listados florísticos de México*. Instituto de Biología-UNAM, México.

Villarreal, J.Á., M.A. Carranza, E. Estrada y A. Rodríguez. 2006. Flora riparia de los ríos Sabinas y San Rodrigo, Coahuila, México. *Acta Botanica Mexicana* 75:1-20.

Villarreal, J.Á. y J. Valdés. 1992-1993. Vegetación de Coahuila, México. *Revista de la Sociedad Mexicana de Manejo de Pastizales* 6:9-18.



Resumen ejecutivo

Jesús Valdés Reyna y Karla Carolina Nájera Cordero

La mayor parte del territorio de Coahuila está incluida en el Desierto Chihuahuense y contribuye más que cualquier otro estado al número de especies endémicas para esta zona árida.

En el presente estudio se reportan al menos 50 familias con endemismos (Asteraceae y Cactaceae con más especies) y 162 géneros con representantes endémicos en Coahuila. El que tiene más especies es *Crataegus*, mientras que *Henricksonia*, *Marshalljohnstonia* y *Strotheria* son de distribución restringida a la región. Las regiones que alojan la mayor cantidad de estos endemismos son Cuatro Ciénegas y las sierras del Carmen y Santa Rosa, en las subprovincias Sierras y Llanuras Coahuilenses y Sierra de la Paila.

En esta sección se hace un recuento de los principales grupos de hongos y plantas distribuidos y reportados en la entidad. Específicamente para la vegetación, la información se presenta a partir de la categoría taxonómica de familia, y se incluyen sólo las familias más representativas. Para el resto que se distribuyen en la entidad, no se tiene información puntual, y por ello no se realizaron capítulos específicos ni listados de especies. Sin embargo, en otros apéndices se incluyen otras familias con especies reportadas en Coahuila.

Los hongos identificados en el estado alcanzan 423 especies de los *phyla* Basidiomycota (288), Ascomycota (127) y Zygomycota (8). Los órdenes con mayor diversidad son Agaricales, con 106 especies, y Eurotiales, con 36. Los géneros más diversos son *Puccinia* (Basidiomycota), *Penicillium* y *Aspergillus* (ambos Azcomycota).

Se reporta que muchas especies, sobre todo de macromicetos, se distribuyen principalmente en los bosques templado de encino y de coníferas, ubicados en las subprovincias Gran Sierra Plegada, Sierras y Llanuras Coahuilenses y Serranía del Burro. No se conocen especies reportadas bajo alguna categoría de protección, aunque se consideran organismos susceptibles a las alteraciones debidas, principalmente, a actividades que impliquen el desmonte de la cubierta vegetal, que ocurren en los hábitats donde se distribuyen.

Debido a los cambios continuos por tala e incendios en diferentes zonas ubicadas en las subprovincias mencionadas anteriormente, por

Valdés-Reyna, J. y K. Nájera-Cordero. 2018. Resumen ejecutivo. Hongos y plantas. En: *La biodiversidad en Coahuila. Estudio de Estado*, VOL. II. CONABIO/Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza, México, pp. 139-142.

ejemplo en sierra La Encantada y sierra Santa Rosa, el panorama de conservación de los hongos está relacionado directamente con el estado en que se encuentran los recursos forestales y las alteraciones que éstos tengan. Es evidente la falta de estudios dirigidos para ampliar el conocimiento sobre la riqueza de especies, distribución y estado de conservación de este grupo en la entidad.

La riqueza florística se debe a las variaciones en la fisiografía y la diversidad de climas y suelos, además de que en la zona confluyen especies de la Sierra Madre Oriental, del Desierto Chihuahuense y del Desierto de Norteamérica. Al situar la riqueza de especies de plantas en la regionalización utilizada para este estudio, la subprovincia Sierras y Llanuras Coahuilenses es la que presenta mayor riqueza, mientras que Gran Sierra Plegada y Sierras Transversales albergan una riqueza considerable de especies de flora.

Desde los estudios elaborados en 2001 por Villarreal, uno de los principales investigadores de la flora de Coahuila, se ha incrementado el número de especies reportadas en la entidad. Las familias con mayor número de especies, que pertenecen a las angiospermas (Magnoliophyta), son Asteraceae o también llamadas compuestas o asteráceas (489), Poaceae o gramíneas (318), Fabaceae o leguminosas (208) y Cactaceae (121), las cuales se describen brevemente a continuación.

Las especies pertenecientes a Asteraceae están presentes en todos los tipos de vegetación del estado. Las tribus mejor representadas son Heliantheae, Astereae, Eupatoriae y Tageteae. Ninguna especie está en las listas oficiales de protección, aunque este grupo presenta alto grado de endemismos, con alrededor de 65 especies para Coahuila y alrededores, en especial para las zonas de Cuatro Ciénegas, las sierras del Carmen y Santa Rosa, las sierras de La Paila, de Parras, de Jimulco y del Rosario.

Algunas especies endémicas son *Ageratina zapalinama, A. villarrealii* y *Brickellia stolonifera*, y están reportadas para la comunidad vegetal particular en la que se distribuyen, lo que hace notar la especificidad de tales especies y la importancia de conservar estos tipos de vegetación.

Dentro de la familia Poaceae, *Muhlenbergia* es el género más diverso. La familia se distribuye principalmente en las subprovincias Del Bolsón de Mapimí, Sierras y Llanuras Coahuilenses, Sierra de la Paila y Sierras Transversales, Serranía del Burro y Pliegues Saltillo-Parras.

Las especies endémicas para el estado son *Bouteloua eriostachya, B. johnstonii, Calamagrostis coahuilensis, Festuca coahuilana* y *Poa wendtii.* Ninguna especie está enlistada en la NOM-059-SEMARNAT-2010, y sólo 16 están en la categoría de preocupación menor en la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). Se reportan 63 pastos introducidos, de los cuales 38 son considerados invasores y con alto potencial para desplazar a las especies nativas, como es el caso del carrizo (*Arundo donax*), zacate buffel (*Cenchrus ciliaris*) y zacate rosado (*Melinis repens*).

Los géneros mejor representados en la familia Cactaceae son *Mammillaria*, *Coryphantha* y *Opuntia*. Del total de especies, 44% (57) están documentadas sólo para una subprovincia fisiográfica, y Pliegues Saltillo-Parras es la subprovincia que presenta mayor número de cactáceas, lo que evidencia la distribución restringida de las especies en la entidad.

Sólo 41 especies están enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, de las cuales seis son endémicas a la entidad. En la Lista Roja de la UICN están reportadas *Acharagma aguirreanum*, *Echinocereus nivosus*, *Mammillaria pennispinosa* y *Turbinicarpus mandragora* en la categoría de peligro crítico.

La familia Fagaceae sólo está representada por el género *Quercus* (encinos), para el que se reportan 33 especies, y de éstas sólo cuatro son endémicas a la entidad. Ninguna especie está reportada en la NOM-059. La variación fisiográfica y las sierras aisladas son las condiciones que han permitido que el número de especies de encinos sea relativamente alto en Coahuila.

Las especies de *Quercus* se distribuyen de manera diferencial en las subprovincias; Sierras y Llanuras Coahuilenses (en las sierras del Carmen y de la Madera) y Gran Sierra Plegada (en las sierras de Arteaga y de Zapalinamé) son las que presentan mayor número de especies. Los encinos arbustivos *Quercus intricata*, *Q. striatula* y *Q. pringlei* son los que están mejor distribuidos, mientras que los encinos arbóreos *Q. laceyi* y *Q. gravesii* son los más comunes en el territorio coahuilense.

Es de resaltar que el único encino presente en el noreste del estado –Llanuras de Coahuila y Nuevo León y Sierra del Burro– es *Q. fusiformis*, por lo que los bosques que conforma son considerados los relictos de encinares más extensos y antiguos, lo que requiere de acciones concretas para su conservación y protección.

Para las gimnospermas o plantas sin flores, se reporta información de las especies de las familias Cupressaceae (14), Ephedraceae (5) y Pinaceae (21). Los géneros *Pinus* y *Juniperus* son los que presentan mayor riqueza de especies, con 14 y nueve registros respectivamente.

La subprovincia Gran Sierra Plegada es la que presenta más variedad de especies de gimnospermas, y son los pinos piñoneros (*Pinus cembroides* y *P. remota*) los que tienen distribución más amplia. Las especies endémicas del estado son *Abies durangensis* var. *coahuilensis*, *A. vejarii* var. *mexicana*, *Picea engelmannii* var. *mexicana* y *Pinus culminicola*.

En la NOM-059 se reportan nueve especies, de las cuales *P. pinceana*, *P. culminicola* y *Picea engelmannii* var. *mexicana* se mencionan en peligro de extinción. En la Lista Roja de la UICN nueve especies están bajo alguna categoría de protección.

Las plantas y hongos tratados en esta sección son importantes en diversos aspectos. Los hongos participan en la desintegración de la materia orgánica, por lo que tienen un papel fundamental en la red trófica. Otro aspecto muy importante de estos organismos es la asociación ectomicorrízica con encinos, pinos y otros árboles, lo que permite un crecimiento vigoroso de las plantas y puede ser utilizado en proyectos de reforestación de bosques. En el estado se reportan 216 especies de hongos con este tipo de asociación, y los géneros más importantes son *Suillus*, *Boletus*, *Xerocomus* y *Amanita*, entre otros.

A diferencia de otros estados del país, en Coahuila el conocimiento etnomicológico es escaso, y se cuenta con muy pocos inventarios de los usos de los hongos en la región. Deben considerarse y reconocerse alternativas para la conservación de los recursos fúngicos en la entidad, por medio del desarrollo de programas de manejo sustentable de las poblaciones de hongos silvestres, pues su cosecha y comercio representa una oportunidad de desarrollo económico en algunas regiones del estado.

Por su parte, los zacates y algunas asteráceas son considerados una de las principales fuentes de alimentación para los seres humanos. Algunas especies son usadas en la medicina tradicional, mientras otras son ampliamente utilizadas como ornato, categoría en la que también toman relevancia las cactáceas.

Tanto las gimnospermas como los encinos brindan diversos servicios ambientales, en la recarga de acuíferos y la captura de carbono; además tienen importancia económica debido a la gran variedad de usos –como leña, carbón y madera– y al empleo potencial de toda la planta o de algunas partes, a través del aprovechamiento de frutos y la obtención de celulosa, entre otros servicios a favor de las comunidades humanas y de fauna silvestre.

La principal amenaza de la vegetación y los hongos en Coahuila es el deterioro del ambiente causado por el cambio de uso del suelo, específicamente hacia actividades agropecuarias y de urbanización. Para las cactáceas el comercio informal es un aspecto que puede llegar a representar un

peligro inminente, en especial para aquellos géneros que tienen mayor valor económico, como *Ariocarpus, Astrophytum, Coryphantha* y *Mammillaria,* entre otros.

Aunque los bosques de encino no han sido afectados por la influencia de las actividades humanas, se ha reportado el descenso de su distribución en las subprovincias Serranía del Burro, por incendios forestales, y Llanuras de Coahuila y Nuevo León, por actividades agrícolas y mineras.

No cabe duda que mientras más estudios se hagan en la entidad, aumentará el número de especies que se distribuyen en su territorio. Es importante incrementar los esfuerzos como el del presente estudio que da a conocer la biodiversidad del estado, así como estudios monográficos de especies útiles, con potencial en agricultura y ganadería, y de otras especies consideradas con distribución restringida, endémicas o raras, para favorecer la conservación de la biodiversidad local.

Con tal gama de estudios será posible plantear acciones de conservación concretas, para aquellas especies o comunidades vegetales que están en riesgo o amenazadas, ya que de esta manera se asegurará su permanencia y los beneficios que traen consigo, tanto para los seres humanos como para otros grupos biológicos.

Hongos

Jesús García Jiménez, José Guadalupe Marmolejo Moncivais, Ricardo Valenzuela Garza, Tania Raymundo Ojeda, Raúl Díaz Moreno, Fortunato Garza Ocañas y Felipe Eduardo San Martín González

Introducción

Los hongos constituyen uno de los grupos de organismos megadiversos del planeta. Se distinguen por presentar talos (cuerpos vegetativos) unicelulares a filamentosos, sin clorofila, con paredes celulares de quitina y celulosa. Su nutrición es absortiva, cuentan con ciclos de vida principalmente haplobiónticos (con una sola fase mitótica) y su reproducción puede ser sexual o asexual por medio de esporas (Herrera y Ulloa 1990). Tales atributos, además de otros, han permitido su clasificación como un reino independiente, llamado Fungi.

Estos organismos surgieron desde los inicios de la celularidad eucariótica durante el periodo Proterozoico del tiempo geológico, posiblemente hace unos 900 millones de años (m.a.; Cavalier-Smith 2006). Los hongos se han diversificado de forma notable en un proceso adaptativo propiciado por los cambios que han sucedido en el planeta a niveles marino y continental, así como por el origen y evolución de los otros reinos de organismos, como fue reconocido por Schimek (2011).

A través del tiempo los hongos se han adaptado a diversas formas de vida en los ecosistemas, dentro de un esquema básico de nutrición heterotrófico. Otros grupos de organismos, como los protozoarios (Protozoa) y los chromistas (Chromista), constituyen reinos independientes en la clasificación natural, y estos organismos, en sus procesos de diversificación biológica, han adoptado estructuras tálicas o morfologías similares a las de los hongos. Sin embargo, a diferencia de los hongos verdaderos, la nutrición en los protozoarios es de tipo fagotrófica, como sucede con los llamados Myxomycetes y Labirinthulomycetes (Cavalier-Smith 2010).

Clasificación

El criterio de clasificación de los hongos, según Alexopoulus *et al.* (1996), considera la existencia de cuatro clases, correspondientes a los Chytridiomycetes, Zygomycetes, Ascomycetes y Basidiomycetes, y en su momento explicaba la ubicación taxonómica de los diferentes grupos de hongos.

García-Jiménez, J., J.G. Marmolejo, R. Valenzuela, T. Raymundo, R. Díaz-Moreno, F. Garza Ocañas y F. San Martín. 2018. Hongos. En: *La biodiversidad en Coahuila. Estudio de Estado*, vol. II. CONABIO/Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza, México, pp. 143-153.

Con el advenimiento de los estudios moleculares, a partir de la década de los noventa, la clasificación de los hongos se establece como polifilética, y se reconocen cinco grupos principales de organismos, que son los Chytridiomycota, Zygomycota, Glomeromycota, Ascomycota y Basidiomycota (Lutzoni *et al.* 2004, Hibbett *et al.* 2007).

En la más reciente clasificación de los hongos (Kirk *et al.* 2008) se incluye un filo más, los Blastocladiomycota, mientras que los hongos se incluyen junto con algunos grupos de protozoarios y con los metazoarios, dentro de la categoría de los Opisthokonta (Cavalier-Smith 2004, Adl *et al.* 2012).

En su proceso adaptativo, los hongos han desarrollado la capacidad de interactuar con el ambiente en diferentes estilos de vida, como son el saprofitismo, el comensalismo, el parasitismo y algunos tipos de simbiosis mutualistas, como sucede en el caso de los hongos micorrizógenos y los liquenizados.

Diversidad

Se estima que en el mundo existen entre 1.5 y 5.1 millones de especies de hongos (Hawksworth 1991, 2001, O'Brien *et al.* 2005, Blackwell 2011). Sin embargo, estas estimaciones distan mucho del conocimiento real de las especies existentes en el planeta, de las cuales se reconocen solamente 97 861 (Kirk *et al.* 2008).

Un inventario sobre los hongos de México propuesto por Guzmán (1998) señala la posible existencia de 200 mil especies para el país, aunque sólo se conozcan alrededor de 7 mil. Una cifra más actualizada (Cifuentes 2008) indica que sólo 2 134 especies conforman la diversidad de hongos conocida del país, y se agrupan en Basidiomycota (1 486 especies en 353 géneros y 87 familias), Ascomycota (646 especies en 275 géneros y 86 familias, e incluye líquenes) y Zygomycota (dos especies), con base principalmente en los registros de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (conabio).

Registros en Coahuila

En este estudio se presenta un inventario actualizado a partir de la recopilación y análisis de información sobre diferentes tipos de hongos, publicada por varios autores, así como la revisión de materiales de los herbarios y de otros recolectados por los autores.

Un estudio reconocido sobre los hongos macromicetos, principalmente micorrícicos, fue realizado por Castillo *et al.* (1979), y en él se incluyen especies de Nuevo León y Coahuila. Por otra parte, distintos estudios sobre los hongos de la familia Boletaceae (Basidiomycota; García y Castillo 1981, Singer *et al.* 1990, García 1999) citaron nuevos registros para el país, provenientes de diversas localidades de Coahuila. Se incluye también el trabajo de Marmolejo *et al.* (1981) sobre teleforáceos (Basidiomycota) de México, en donde se registraron algunas especies para el estado.

Un estudio interesante sobre los hongos hipógeos del norte de México fue realizado por Cázares *et al.* (1992), y en él se incluyen diversos grupos de ascomicetos y basidiomicetos de la entidad. Asimismo estudios relacionados a los basidiomicetos fitopatógenos, conocidos como "royas", realizados por Cummings (1967), incluyen especies de Coahuila. Díaz-Moreno (2004) reporta 73 especies de hongos degradadores de la madera u hongos xilófagos, para seis municipios en Coahuila, y 15 tienen distribución restringida al estado.

A pesar de los trabajos realizados en la entidad, todavía existe una amplia diversidad de especies y localidades que no han sido debidamente estudiadas. Finalmente, en Coahuila no

existen o no se conocen estudios sobre el consumo alimenticio y el uso de hongos silvestres con fines medicinales.

Diversidad en el estado

Para el estado se registran 423 especies de hongos (apéndice 6) distribuidas en 34 órdenes y 92 familias. El filo Basidiomycota es el que presenta mayor número de especies, con 288 descritas –dos están pendientes por definir a qué familia pertenecen– en 17 órdenes y 59 familias. El orden Agaricales agrupa 106 especies, y la familia que sobresale con mayor diversidad es Agaricaceae (27 especies, apéndice 6). Uno de los géneros más conocidos es *Amanita,* por la peculiaridad de la fructificación del hongo (figuras 1 y 2).

El filo Ascomycota está representado con 127 especies, seis de éstas sin definir orden y familia, adscritas a 15 órdenes y 32 familias. El orden Eurotiales presenta la mayor diversidad, con 33 especies (apéndice 6). Los géneros más diversos son *Penicillium* y *Aspergillus,* con 16 y 15 especies, respectivamente.

El filo Zygomycota presenta ocho especies adscritas a dos órdenes y dos familias, y el orden Entomophthorales es el que presenta la mayor cantidad de especies, con siete. Aun cuando está representado por una menor riqueza de especies, es igualmente importante en este inventario preliminar de la diversidad fúngica del estado, el cual se desarrolla en el apéndice 6.

Distribución y ecología de las especies

En Coahuila existen diferentes tipos de ecosistemas forestales, entre los que se encuentran el matorral desértico chihuahuense, matorral submontano, matorral tamaulipeco, bosque de encino, bosque



Figura 1. Hongos de *Amanita flavoconia* (Basidiomycota); a la izquierda se observa un individuo en etapa juvenil y a la derecha uno en etapa madura. Foto: Jesús García.



Figura 2. Hongos mata moscas *A. muscaria*, especie micorrícica con propiedades psicotrópicas. Foto: Jesús García.

de pino y bosque de coníferas (Villarreal-Quintanilla y Valdés-Reyna 1992-1993).

En todos estos ecosistemas existe una interesante riqueza de hongos, pero la mayor parte de las especies conocidas del estado, y en particular las especies de macromicetos, habitan en los bosques templados de encino y coníferas ubicados en la subprovincia Gran Sierra Plegada, en la Sierra Madre Oriental, así como en las subprovincias Sierras y Llanuras Coahuilenses y Serranía del Burro, que incluye algunos macizos montañosos aislados del centro y noroeste del estado (García 1999).

No obstante, el estudio de los diversos tipos de vegetación –principalmente forestal– presentes en el estado es de gran relevancia para determinar la distribución de la biota micológica de la entidad.

Algunas especies de hongos fitopatógenos han sido encontradas principalmente en la región de La Laguna, al suroeste de Coahuila, en huertas de nogal (*Carya illinoinensis*) y campos agrícolas de alfalfa (*Medicago sativa*), como se presenta en diferentes estudios (Samaniego-Gaxiola 2007, Samaniego-Gaxiola y Chew-Mandinaveitia 2007, Samaniego-Gaxiola *et al.* 2014), donde se reporta el hongo *Phymatotrichopsis omnivora*, además de especies de los géneros *Fusarium*, *Penicillium* y *Rhizoctonia*.[1]

Una especie de hongo saprobio con presencia en el estado y con amplio potencial dañino es el moho azul (*Penicillium expansum*), el cual afecta a los frutos del manzano durante la post-cosecha, ya que produce micotoxinas que son metabolitos secundarios, los cuales representan una amenaza latente para la salud humana y animal (Anguiano *et al.* 2012). El cultivo de manzana es de importancia económica para la sierra de Arteaga, en el sureste de la entidad, y la presencia de este hongo filamentoso afecta a la economía local, ya que provoca pérdidas considerables en la producción del fruto.

Pocas especies han sido registradas en el tipo de vegetación del matorral xerófilo, pero debido a que es el que ocupa una mayor extensión en el estado, existe un potencial importante para el registro de especies de hongos.

Cabe recordar que los hongos establecen diferentes interacciones ecológicas con otros grupos de organismos, como algas e insectos, así como con otros hongos.

Para la entidad se registraron 234 especies de hongos saprobios, que incluyen: lignícolas, que habitan sobre troncos o madera, aunque no necesariamente se nutran de ésta; xilófagos, que se alimentan de los componentes de la madera; cortícolas, que se establecen sobre la corteza de árboles y arbustos; humícolas, que son habitantes de suelos obscuros con alto contenido de materia orgánica; fimícolas o coprófilos, que viven en el estiércol de diversos animales; y terrícolas, los cuales habitan en suelos de bajo contenido orgánico.

Asimismo se conocen 58 especies de hongos parásitos, ya sea de insectos, con nueve especies registradas en Coahuila, o micopatógenos, es decir, parásitos de otras especies de hongos, con cuatro especies conocidas en el estado. A su vez, cuatro especies se comportan como parásitos o saprobios, y una forma de micorriza, llamada ectomicorriza, es la que se presenta en las comunidades forestales de la región.

En la entidad se conocen 116 especies de hongos ectomicorrizógenos asociados a los encinos, pinos, álamos temblones y oyameles propios de las regiones montañosas coahuilenses. La mayor parte de estos grupos de hongos son macroscópicos, pero entre 10 y 15% de las especies conocidas son microscópicas.

[1] Se distribuye en el estado, pero no se incluye en el apéndice correspondiente.

Importancia ecológica, económica y cultural

Una de las principales funciones de los hongos es la desintegración de la materia orgánica, proceso esencial para el reciclamiento de los restos vegetales y animales en todos los ecosistemas (Rayner y Boddy 1988, Cullen y Kersten 1996). Esta característica les confiere una gran importancia ecológica de índole general, ya que los coloca en una posición distintiva en la red trófica y, junto con las bacterias, participan en procesos ecológicos fundamentales, como la humificación y la mineralización (Guggenberger 2005).

Los hongos producen diferentes tipos de pudriciones en la madera, al descomponer su estructura original y transformarla en materia orgánica más simple, lo que permite la formación del humus, y posteriormente el proceso de mineralización transforma la materia orgánica en inorgánica y se reincorpora al suelo en la forma de compuestos minerales (Guggenberger 2005). En este tipo de procesos participan hongos de los géneros *Phellinus*, *Trametes*, *Polyporus* y *Stereum*, además de miembros del orden Xylariales que pertenecen a los géneros *Biscogniauxia* e *Hypoxylon*.

Otras especies habitantes del mantillo de los bosques también forman parte de estos procesos, como las que pertenecen a los géneros *Gymnopus*, *Mycena*, *Agaricus*, *Lepiota*, *Cystoderma*, *Leucocoprinus* y *Lycoperdon*, los cuales son abundantes y diversos en los bosques. Algunas especies de estos hongos tienen propiedades medicinales y se cultivan de manera artificial, con el fin de obtener fármacos o algunos compuestos que sirven para controlar enfermedades como diabetes y exceso de colesterol en la sangre y, en algunos casos, para detener el desarrollo de ciertos tipos de tumores.

Por otra parte algunos hongos entomopatógenos como los del género *Entomophthora*, *Metarhizium* y *Beauveria*, reportados para el estado, se cultivan de forma masiva, para ser utilizados en el control biológico de cierto tipo de insectos plaga (Ortega-Jiménez *et al.* 2007, Mota-Delgado y Murcia-Ordoñez 2011). A su vez los hongos ectomicorrizógenos permiten un crecimiento más vigoroso de los árboles desde su etapa de plántula, así como la resistencia a plagas y enfermedades radiculares y a las condiciones adversas del suelo y el clima.

Estos hongos tienen un alto potencial de uso en el ámbito forestal y pueden ser utilizados en proyectos de reforestación de bosques, en particular en el caso de especies de los géneros *Suillus*, *Boletus* (figura 3 y 4), *Xerocomus*, *Amanita* (figura 5), *Lactarius*, *Russula*, *Hygrophorus* (figura 6), *Rhizopogon*, *Gautieria* y *Cantharellus*.

Un aspecto interesante de los hongos ectomicorrizógenos es su nivel de especificidad con sus hospederos. Algunos de estos hongos son generalistas y se pueden asociar con diferentes especies forestales, e incluyen en algunos casos especies de angiospermas y gimnospermas. Otros se asocian con algunos géneros de plantas y ciertos hongos se asocian con una sola especie forestal, por lo que se considera como un simbionte especializado y de alta especificidad (Spurr y Barnes 1980).

Entre los hongos generalistas se tiene a *Cantharellus cibarius*, *Gyroporus castaneus* (figura 7), *Boletus luridus* y *Helvella crispa*, los cuales se asocian con varias especies de árboles de los géneros encinos (*Quercus*) y pinos (*Pinus*) dentro de su rango de distribución en Norteamérica y México.

Otro caso es el de *B. barrowsii* (familia Boletaceae) el cual se asocia con el oyamel (*Abies vejarii*) en el sureste de Coahuila; de acuerdo con García (1993), en Nuevo México y otros estados del suroeste de Estado Unidos, así como en Baja California, está asociado con especies de *Pinus*, *Abies* y *Quercus*. Algunas especies como *Suillus granulatus*, *S. tomentosus*, *Chroogomphus vinicolor* y otras, se asocian obligadamente con varias especies de *Pinus* en la región (Cázares *et al.* 1992, García 1999).



Figura 3. *Boletus luridellus*, hongo micorrícico de bosques. Foto: Jesús García.



Figura 4. Hongo *B. rubellus*, especie micorrícica. Foto: Jesús García.



Figura 5. *Amanita pantherina*, hongo micorrícico de bosques; es tóxico para los humanos. Foto: Jesús García.

S. pictus (familia Suillaceae) se asocia preferentemente con *Pinus strobiformis* en la sierra del Carmen, en el noroeste de Coahuila, y en otros estados del norte de México. Sin embargo, la misma especie de hongo se asocia con otras especies del género *Pinus* en regiones de Norteamérica y al sur de México.

Uno de los hongos con marcada especificidad de asociación ectomicorrizógena es *Suillus lakei*, que se asocia con el oyamel (*Pseudotsuga menziesii*) a lo largo de su rango de distribución en Norteamérica, y es una de las especies más comunes en la sierra La Marta y otros sitios del municipio de Arteaga. De manera similar *Leccinum insigne*, un miembro de la familia Boletaceae, se asocia exclusivamente con el álamo temblón (*Populus tremuloides*), especie del bosque de oyamel, y además forma bosques en áreas incendiadas en el sureste de Coahuila.

Lo anterior evidencia que el conocimiento sobre los hongos y sus interacciones ecológicas con los árboles es esencial para fines de manejo forestal y restauración ecológica, y aún más si se reconoce que muchas de estas especies también son comestibles por mamíferos e invertebrados, los cuales ingieren diversas especies de hongos presentes en los bosques, esto como

parte de su alimentación en el proceso conocido como micofagia.

A través de sus excretas, tales especies animales ayudan a dispersar las esporas de los hongos que ingieren, entre ellos hongos ectomicorrizógenos (García *et al.* 2012), lo que a su vez permite el contacto de las esporas con las raicillas de árboles y plántulas, y favorece el establecimiento de las especies ectomicorrizas.

De esta forma algunos hongos, como *Amanita muscaria*, *Lactarius deliciosus* y *Pisolithus tinctorius*, se asocian a los tractos digestivos de roedores de los géneros *Sciurus*, *Peromyscus*, *Liomys*, *Neotoma*, *Oryzomis*, *Microtus* y *Reithrodontomys* (Rinaldi *et al.* 2008, Tedersoo *et al.* 2010, García *et al.* 2012), por lo cual se establece un doble nivel de importancia de las interacciones ecológicas en las que participan activamente los hongos en la sustentabilidad de los ecosistemas forestales.



Figura 6. Hongo *Hygrophorus russula*, especie comestible; crece en los bosques de encino y de pino-encino. Foto: Jesús García.



Figura 7. Hongo *Gyroporus castaneus*, el cual crece en bosques de encino. Foto: Jesús García.

Etnología de los hongos

El conocimiento etnomicológico en Coahuila es escaso, principalmente por lo reducido de los grupos humanos nativos de la región. No se tienen datos del consumo de los hongos silvestres por los habitantes de las comunidades rurales del estado.

La utilización de los hongos ha sido mejor documentada en estados del centro de la república (Montoya-Esquivel *et al.* 2004, Garibay-Orijel *et al.* 2006), en donde se reconoce que los diferentes grupos étnicos han asimilado a través del tiempo un vasto conocimiento sobre las especies comestibles. Sin embargo, al revisar los diferentes atributos de los hongos inventariados en esta región, se observa el importante potencial de uso de éstos con fines alimenticios, medicinales y comerciales.

Los hongos macroscópicos comestibles silvestres se distinguen por su exquisito sabor y su valor nutrimental, en particular por el contenido de proteínas y algunas vitaminas, y con una buena asesoría en su correcta identificación, muchas especies pueden ser parte importante de la dieta humana, o bien, una buena fuente de ingresos a través de su manejo, procesamiento y comercialización, como se reporta para algunas regiones del país (Jiménez-Ruiz *et al.* 2013).

Por otra parte, algunas especies de hongos silvestres y domesticados pueden ser cultivadas para alimentación o fines medicinales, si se considera su rápido desarrollo y fácil manejo y producción.

Situación y estado de conservación

Para la entidad no se han realizado estudios detallados que proporcionen información sobre el estado de conservación de las especies de hongos reportadas. Conocer el estado de conservación de la vegetación en la entidad, enfocado a las especies forestales, es crucial para determinar la situación de la biota micológica de Coahuila.

En todas las comunidades vegetales de la entidad habitan especies de hongos que interactúan de forma dinámica en diferentes tipos o hábitos de vida, y con prácticamente todos sus componentes vegetales. Los bosques son el ecosistema donde más se han estudiado los hongos, los cuales presentan diferentes grados de conservación, que pueden clasificarse desde algunas comunidades bien conservadas de encinares (Encina-Domínguez *et al.* 2007, 2011), bosques de coníferas como el de oyamel (Encina-Domínguez *et al.* 2008), bosques alterados, regenerados y plantaciones forestales (Marroquín 1976).

En los últimos 40 años la cubierta vegetal de algunas zonas ubicadas en las subprovincias Gran Sierra Plegada, Serranía del Burro y Sierras y Llanuras Coahuilenses (p.e. sierra La Encantada y sierra Santa Rosa) han sido severamente afectadas por tala o incendios (cca 2014), lo que ha modificado de manera notable la estructura y composición de especies, y provocado la degradación de estos ecosistemas, además del suelo y de las poblaciones de hongos asociadas (ice 2001).

Todo lo anterior confirma que el panorama de conservación de los recursos micológicos está directamente relacionado con el estado de conservación de los recursos forestales.

Principales amenazas

La forma de vida de los hongos hace de ellos organismos dependientes de todas las especies con las que se asocian. Bajo este criterio las amenazas al grupo dependen del grado de conservación que presentan las especies de plantas a las cuales se asocian, además de los ecosistemas de los que forman parte. Por esta razón los hongos son altamente susceptibles a las alteraciones que ocurren en los bosques, como el cambio de uso del suelo y cualquier actividad que implique el desmonte de la cubierta vegetal.

Estas actividades provocan la alteración del mantillo, lo que a su vez cambia la dinámica trófica y de los ciclos biogeoquímicos que ahí se presentan. En este caso, de manera casi inmediata, desaparecen muchas especies de hongos, y en particular son afectadas las que dependen de las raíces de los árboles vivos, como los hongos ectomicorrizógenos.

Asimismo las especies saprofitas del mantillo, o las que están asociadas a los sustratos u hospederos vegetales, se enfrentan de inmediato a un ambiente hostil, donde la humedad conservada en el suelo se pierde rápidamente por la exposición directa al sol, viento y lluvia, lo que genera un estrés hídrico y térmico que elimina la mayor parte de la biota del suelo, incluyendo a las especies de hongos.

Por otra parte, los incendios forestales son eventos más drásticos con efecto inmediato en el ecosistema, en ocasiones, al carbonizar la mayor parte de la materia orgánica, lo que provoca la eliminación de los organismos existentes en ese microhábitat, por ejemplo, los hongos desintegradores del mantillo, que son los primeros en ser eliminados.

Algunos hongos ectomicorrizógenos sobreviven a los incendios, ya que viven asociados a las raíces de los árboles, las cuales de manera natural pueden distribuirse bajo rocas o debajo del mantillo, lo que les permite sobrevivir, sin que el fuego haya eliminado a sus simbiontes o plantas hospedero.

Oportunidades y acciones de conservación

Al tomar en cuenta la importancia de los hongos en los ecosistemas, se pueden reconocer algunas alternativas tendientes a la conservación de los recursos fúngicos en el estado. Una de las vías se relaciona con el manejo forestal sustentable en las poblaciones de hongos silvestres cosechados para fines de alimentación, medicinal y comercial, como se lleva a cabo en algunos lugares del centro y sur de México (Garibay-Orijel *et al.* 2006, Garibay-Orijel *et al.* 2009, Jiménez-Ruiz *et al.* 2013).

En este sentido, y para el caso de Coahuila, la cosecha de hongos silvestres y su mercado representa una oportunidad de desarrollo económico en algunas regiones boscosas del estado (Montoya-Esquivel 2004).

En aspectos del ámbito forestal, la inoculación de especies con hongos ectomicorrizógenos es una práctica común y efectiva para el desarrollo vegetal y de las plantaciones forestales y, en este caso, el acervo fúngico del estado es amplio, así como su potencial de utilización.

Esta perspectiva de aprovechamiento deberá avalarse por criterios de manejo y conservación de los ecosistemas forestales, e incluir la restauración ecológica de áreas alteradas por tala, cambio de uso del suelo o incendios forestales, y habrá que procurar el uso de especies nativas de árboles y hongos.

En la actualidad los aspectos biotecnológicos, como el control de enfermedades y plagas forestales a través de la aplicación de hongos microscópicos, representan un factor económico redituable que podría ser considerado en las regiones del estado que presentan tal problemática. Otros atributos de los hongos deberán ser reconocidos en futuras investigaciones, de donde podrán derivar beneficios económicos para la región.

Conclusión

La diversidad, riqueza y situación actual de los hongos en Coahuila es poco conocida, no se sabe de especies de valor económico o medicinal, y sólo se conocen aspectos generales sobre la importancia ecológica, económica y cultural de los hongos.

La trascendencia de los hongos radica en las funciones biológicas que llevan a cabo, como es la desintegración que generan las especies saprófitas, al descomponer la materia orgánica y propiciar su reincorporación al suelo, y la acción que realizan algunas especies de micorrizas, que establecen relaciones simbióticas con árboles de importancia forestal, y de esa forma contribuyen a su nutrición.

Tampoco se conocen con precisión las amenazas en contra de este grupo biológico, aun cuando se sabe que son altamente susceptibles de desaparecer por alteraciones como el cambio de uso del suelo, incendios forestales y cualquier actividad que implique el desmonte de la cubierta vegetal donde habitan; por ello se requiere fomentar la protección de los ecosistemas terrestres y lograr así la conservación de las especies de hongos que habitan tales ecosistemas.

En la entidad también es necesario apoyar estudios taxonómicos, ecológicos, etnobotánicos y farmacológicos para conocer la situación actual de los hongos, determinar los que pudieran tener potencial medicinal, alimenticio o económico, impulsar su aprovechamiento sustentable y promover la conservación de las comunidades vegetales donde se distribuyen.

Los estudios que se han llevado a cabo en Coahuila se han enfocado a las zonas de bosques, mientras que los matorrales de zonas áridas permanecen poco estudiados. Por otro lado, la mayoría de los estudios tiene un enfoque taxonómico, y son escasos los que tratan sobre especies de interés económico.

Referencias

Adl, S.M., A.G.B. Simpson, C.E. Lane *et al*. 2012. The revised classification of Eukaryotes. *Journal Eukaryotic Microbiology* 59:429-493.

Alexopoulus, C.J., C.W. Mims y M. Blackwell. 1996. *Introductory mycology*. John Wiley and Sons Inc., Nueva York.

Anguiano, C.J., A.C. Cepeda, J. Morlett *et al*. 2012. Contaminación por hongos filamentosos en manzana: amenaza para la salud y la economía. *Cienciacierta* 8(31):18-20.

Blackwell, M. 2011. The fungi: 1, 2, 3... 5.1 million species? *American Journal of Botany* 98:426-438.

Castillo, J., J. García y F.E. San Martín. 1979. Algunos datos sobre la distribución ecológica de los hongos, principalmente los micorrícicos, en el centro del estado de Nuevo León. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 13:229-237.

Cavalier-Smith, T. 2004. Only six kingdoms of life. *Proceedings of the Royal Society of London* 171:1251-1262.

——. 2006. Cell evolution and Earth history: stasis and revolution. *Philosophical Transactions of the Royal Society* 361:969-1006.

——. 2010. Deep phylogeny, ancestral groups and the four ages of life. *Philosophical Transactions of the Royal Society* 365:111-132.

Cázares, E., J. García, J. Castillo y J.M. Trappe. 1992. Hypogeous fungi of northern of Mexico. *Mycologia* 84:341-359.

CCA. Comisión para la Cooperación Ambiental. 2014. *Evaluación de la conservación para la región Big Bend-Río Bravo: un enfoque de cooperación binacional para la conservación*. CCA, Montreal.

Cifuentes, J. 2008. Hongos. Catálogo taxonómico de especies de México. En: *Capital natural de México, Vol. 1: Conocimiento actual de la biodiversidad*. CONABIO, México, CD1.

Cullen, D. y P.J. Kersten. 1996. Enzymology and molecular biology of lignin degradation. *En: The mycota*. Vol. III. R. Bramble y G. Marzluf (eds.). Springer Verlag, Nueva York, pp. 297-314.

Cummings, G.B. 1967. The Uredinales on mexican Gramineae. *The Southwestern Naturalist* 12:70-86.

Díaz-Moreno, R. 2004. *Los hongos del orden Aphyllophorales en los estados de Durango, Chihuahua y Coahuila, México*. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias Forestales-Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL), Nuevo León.

Encina-Domínguez, J.A., F.J. Encina-Domínguez, E. Mata-Rocha y J. Valdés-Reyna. 2008. Aspectos estructurales, composición florística y caracterización ecológica del bosque de oyamel de la sierra de Zapalinamé, Coahuila, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 83:13-24.

Encina-Domínguez, J.A., E. Mata-Rocha, J.A. Meave y A. Zárate-Lupercio. 2011. Community structure and floristic composition of *Quercus fusiformis* and *Carya illinoinensis* forests of the northeastern coastal plain, Coahuila, Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82:607-622.

Encina-Domínguez, J.A., A. Zárate-Lupercio, J. Valdés-Reyna y J.A. Villarreal-Quintanilla. 2007. Caracterización ecológica y diversidad de los bosques de encino de la sierra de Zapalinamé, Coahuila, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 81:51-63.

García, J. 1993. Una lista preliminar de los hongos del suborden Boletineae (Basidiomycetes, Agaricales) en el noreste de México. *Reporte Científico Especial* 13:116-131.

——. 1999. *Estudio sobre la taxonomía, ecología y distribución de algunos hongos de la familia Boletaceae (Basidiomycetes, Agaricales) de México*. Tesis de maestría en ciencias forestales. Facultad de Ciencias Forestales-UANL, Nuevo León.

García, J. y J. Castillo. 1981. Las especies de boletáceos y gomfidiáceos conocidas en Nuevo León. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Micología* 15:121-197.

García, J., G. Guevara, A.M. Valdéz *et al*. 2012. Micofagia por pequeños mamíferos en bosques templados de Tamaulipas, México. En: *Recursos naturales*. E. Ruiz-Cancino y J.M. Coronado-Blanco (comps.). Universidad Autónoma de Tamaulipas (UAT), Cd. Victoria, pp. 36-52.

Garibay-Orijel, R., J. Cifuentes, A. Estrada-Torres y J. Caballero. 2006. People using macro-fungal diversity in Oaxaca, Mexico. *Fungal Diversity* 21:41-67.

Garibay-Orijel, R., J. Córdova, J. Cifuentes *et al*. 2009. Integrating wild mushrooms use into a model of sustainable management for indigenous community forests. *Forest Ecology and Management* 258:122-131.

Guggenberger, G. 2005. Humification and mineralization in soils. En: *Soil biology, microorganisms in soils: roles in genesis and functions*. Vol. 3. F. Buscot y A. Varma (eds.). Springer-Verlag, Berlín-Heidelberg, pp. 85-106.

Guzmán, G. 1998. Inventorying the fungi of Mexico. *Biodiversity and Conservation* 7:369-384.

Hawksworth, D.L. 1991. The fungal dimension of biodiversity: magnitude, significance and conservation. *Mycological Research* 95:641-655.

——. 2001. The magnitude of fungal diversity: the 1.5 million species estimate revisited. *Mycological Research* 105:1422-1432.

Herrera, T. y M. Ulloa. 1990. *El reino de los hongos, micología básica y aplicada*. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)/Fondo de Cultura Económica (FCE), México.

Hibbett, D., M. Binder, J. Bischoff *et al*. 2007. A higher-level phylogenetic classification of the fungi. *Mycological Research* 111:509-547.

ICE. Instituto Coahuilense de Ecología. 2001. *Ordenamiento ecológico de Coahuila, México*. Gobierno del Estado de Coahuila, México.

Jiménez-Ruiz, M., J. Pérez-Moreno, J.J. Almaraz-Suárez y M. Torres Aquino. 2013. Hongos silvestres con potencial nutricional, medicinal y biotecnológico comercializados en Valles Centrales, Oaxaca. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 4:199-213.

Kirk, P.M., P.F. Cannon, D.W. Minter y J.A. Stalpers. 2008. *Dictionary of the fungi*. Centre for Agriculture and Biosciences International (CABI). Wallingford, Reino Unido.

Lutzoni, F., F. Kauff, C.J. Cox *et al*. 2004. Assembling the fungal tree of life: progress, classification and evolution of subcellular traits. *American Journal of Botany* 91:1446-1480.

Marmolejo, J.G., J. Castillo y G. Guzmán. 1981. Descripción de especies de teleforáceos poco conocidos en México. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Micología* 15:9-66.

Marroquín de la Fuente, J.S. 1976. Vegetación y florística del noreste de México. I. Aspectos sinecológicos en Coahuila. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural* 36:69-101.

Montoya-Esquivel, A., A. Kong, A. Estrada-Torres *et al*. 2004. Useful wild fungi of La Malinche National Park, Mexico. *Fungal Diversity* 17:115-143.

Mota-Delgado, P.A. y B. Murcia-Ordoñez. 2011. Hongos entomopatógenos como alternativa para el control biológico de plagas. *Revista Ambiente y Agua* 6:77-90.

O'Brien, H.E., J.L. Parrent, J.A. Jackson *et al*. 2005. Fungal community analysis by large-scale sequencing of environmental samples. *Applied Environmental Microbiology* 71:5544-5550.

Ortega-Jiménez, R., V.G. Domínguez-Martínez y N.A. Coria Gil. 2007. Una alternativa para el biocontrol de hongos fitopatógenos. *Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo* 9:1-13.

Rayner, A.D.M. y L. Boddy. 1988. *Fungal decomposition of wood: its biology and ecology*. John Wiley and Sons, Reino Unido.

Rinaldi, A.C., O. Comandini y T.W. Kuyper. 2008. Ectomycorrhizal fungal diversity: separating the wheat of the chaff. *Fungal Diversity* 33:1-45.

Samaniego-Gaxiola, J.A. 2007. Research perspectives on *Phymatotrichopsis omnivora* and the disease it causes. *Agricultura Técnica en México* 33(3):309-318.

Samaniego-Gaxiola, J.A. y Y. Chew-Mandinaveitia. 2007. Diversidad de géneros de hongos del suelo en tres campos con diferente condición agrícola en La Laguna, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 78:383-390.

Samaniego-Gaxiola, J.A., A.A. Fontes-Puebla, S.H. Tarango Rivero y A. Pedroza-Sandoval. 2014. Comportamiento de la pudrición texana (*Phymatotrichopsis omnivora*) en vivero de nogales. *Revista Mexicana de Fitopatología* 32:26-37.

Schimek, C. 2011. Evolution of special metabolism in fungi: concepts, mechanisms and pathways. En: *The mycota XIV* . S. Pöggeler y J. Wöstemeyer (eds.). Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg, pp. 293-330.

Singer, R., J. García y L.D. Gómez. 1990. The Boletineae of Mexico and Central América I & II. *Nova Hedwigia Heft* 98:1-70.

Spurr, S.H. y B.V. Barnes. 1980. *Forest ecology*. Ronald Press, Nueva York.

Tedersoo, L., T.W. May y M.E. Smith. 2010. Ectomycorrhizal lifestyle in fungi: global diversity, distribution and evolution of phylogenetic lineages. *Mycorrhiza* 20:217-263.

Villarreal-Quintanilla, J.A. y J. Valdés-Reyna. 1992-1993. Vegetación de Coahuila, México. *Revista de Manejo de Pastizales* 6:9-18.

Riqueza florística

José Ángel Villarreal Quintanilla, Juan Antonio Encina Domínguez y
Jesús Valdés Reyna

Introducción

En Coahuila confluyen tres provincias fisiográficas: la Planicie Costera del Golfo, la Sierra Madre Oriental y el Altiplano Mexicano (Rzedowski 2006). El intervalo altitudinal oscila de los 190 msnm en la planicie costera, hasta los 3 450 msnm en las cimas montañosas al sureste del estado.

En la mayor parte de la entidad el clima es extremoso, de tipo continental y seco, típico de los bolsones coahuilenses, con una precipitación escasa durante el año, veranos calurosos e inviernos fríos. El clima templado y subhúmedo se presenta en las porciones más altas de las sierras. El patrón edáfico es diverso y está determinado por las condiciones topográficas, geomórficas y climáticas de la zona (INEGI 1983).

Estas variaciones fisiográficas, climáticas y edáficas contribuyen a una significativa diversidad de tipos de vegetación y de flora. Esta última se estima en aproximadamente 3 039 especies de plantas vasculares, sin considerar los grupos infraespecíficos[1] (Villarreal 2001).

[1] Categoría taxonómica inferior a especie, e incluye subespecie, variedad y forma.

Riqueza

La riqueza de la flora de Coahuila es resultado de la confluencia de especies propias de la Sierra Madre Oriental, el Desierto Chihuahuense y de Norteamérica, además de especies endémicas del estado. En 2001 Villareal reportó que 3 034 especies componían la flora vascular de la entidad, agrupadas en 146 familias y 925 géneros que, adicionados a los 174 grupos infraespecíficos, hacen un total de 3 208 especies y grupos infraespecíficos para el estado (cuadro 1).

La clase Magnoliopsida (dicotiledóneas, figura 1) es la más rica, con 114 familias y 2 365 especies, mientras que la clase Liliopsida (monocotiledóneas, figura 2) registra 19 familias y 545 especies. Las divisiones con menos especies son: Pinophyta (gimnospermas: pinos y cipreses; 36 especies y seis grupos infraespecíficos), que incluye tres familias de las cuales Pinaceae es la más rica en especies; y Pteriodophyta (helechos y afines; 88 especies), que cuenta con 10 familias de las cuales Pteridaceae (helechos) posee el mayor número especies (Villarreal 2001).

Las familias con más especies son: Asteraceae (compuestas), con 493 especies y 102 grupos

Villarreal-Quintanilla, J.A., J.A. Encina-Domínguez y J. Valdés-Reyna. 2018. Riqueza florística. En: *La biodiversidad en Coahuila. Estudio de Estado*, vol. II. CONABIO/Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza, México, pp. 155-158.

Cuadro 1. Divisiones y clases que agrupan la flora vascular.

División	Clase	Familias	Géneros	Especies	Grupos infraespecíficos adicionales
Pteridophyta	_	10	24	88	2
Pinophyta (gimnospermas)	_	3	12	36	6
Magnoliophyta (angiospermas)	Magnoliopsida	114	730	2 365	146
	Liliopsida	19	159	545	20
Total		**146**	**925**	**3 034**	**174**

Fuente: elaboración propia con base en Villarreal 2001.



Figura 1. Biznaga chilitos *Mammillaria chionocephala*, en matorral rosetófilo de la sierra de Zapalinamé. Foto: Juan A. Encina.

infraespecíficos; Poaceae (gramíneas), que presenta 331 especies y 43 grupos infraespecíficos (Valdés-Reyna *et al.* 2015); y Fabaceae (leguminosas), con 206 especies y 16 grupos infraespecíficos (apéndices 7 y 13). Las familias Cactaceae, Euphorbiaceae y Brassicaceae también son importantes, ya que en conjunto incluyen más de 70 géneros y alrededor de 300 especies (cuadro 2, apéndices 7 y 10).



Figura 2. Palma samandoca *Yucca carnerosana*, en matorral rosetófilo con matorral micrófilo en el municipio de Saltillo, al sureste del estado. Foto: Juan A. Encina.

Los géneros con mayor riqueza de especies se presentan en el cuadro 3. Con respecto al género *Salvia*, para Coahuila, Villarreal (2001) reportó 29 especies, y en esta obra se incluyen dos de ellas (cuadro 3 y apéndice 7).

En el estado la subprovincia Sierras y Llanuras Coahuilenses posee la mayor riqueza de especies, lo anterior debido a su ubicación y extensión, ya que abarca la mayoría de las comunidades vegetales, por lo que se han decretado tres áreas de

Cuadro 2. Familias con mayor riqueza de especies.

Familia	Géneros	Especies	Grupos infraespecíficos adicionales	En esta obra*		Apéndices
				Géneros	Especies	
Asteraceae	144	489	31	149	493	9, 13
Poaceae	91	319	46	103	331	8,13
Fabaceae	58	207	17	59	206	7, 13
Cactaceae	22	128	-	23	124	10, 13
Euphorbiaceae	13	99	10	12	93	7
Brassicaceae	35	84	6	37	84	7, 13

*Además de considerar el apéndice del grupo correspondiente, estos conteos incluyen información de otros apéndices de este volumen.
Fuente: Villarreal 2001, Valdés-Reyna *et al.* 2015.

Cuadro 3. Géneros con mayor número de especies.

Género	Especies	Grupos infraespecíficos adicionales	En esta obra*	Apéndice
Euphorbia	60	7	58	7
Quercus	32	1	33	11
Muhlenbergia	32	-	32	8, 13
Senecio	27	1	15	9
Salvia	29	-	1	7
Dalea	27	6	28	7
Mammillaria	24	-	25	10, 13
Ageratina	24	1	25	9
Echinocereus	20	-	19	10, 13

*Además de considerar el apéndice del grupo correspondiente, estos conteos incluyen información de otros apéndices de este volumen.
Fuente: elaboración propia con apéndices de esta obra y con base en Villarreal 2001.

protección de flora y fauna de competencia federal. De igual forma las subprovincias Gran Sierra Plegada y Sierras Transversales albergan diversas especies de flora, por ser regiones donde dominan macizos montañosos con amplias variaciones ambientales.

Conclusión

La importancia de conocer la riqueza florística del estado radica en que cada especie constituye un recurso natural con potencial para ser utilizado de forma racional por la población. Las plantas integran comunidades vegetales que brindan diferentes servicios ambientales, son hábitat de la fauna silvestre y forraje para el ganado doméstico. Las especies vegetales aprovechadas bajo esquemas de manejo son fuente de bienes y servicios para el ser humano.

Asimismo existe la necesidad de hacer estudios florísticos en las zonas montañosas y de difícil acceso de las subprovincias Sierras y Llanuras Coahuilenses y Serranía del Burro, así como en Llanuras y Sierras Volcánicas. Por estar ubicadas en el extremo noroeste del estado y alejadas de las principales ciudades (además de que gran parte de este territorio pertenece a propiedades privadas), en estas áreas se dificulta el acceso y, en consecuencia, la exploración botánica ha sido escasa.

Referencias

INEGI. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 1983. *Síntesis geográfica del estado de Coahuila, México*. INEGI/Secretaría de Programación y Presupuesto (SPP), México.

Rzedowski, J. 2006. Vegetación de México. 1ª edición digital. CONABIO, México.

Valdés-Reyna, J., J.L. Villaseñor, J.A. Encina-Domínguez y E. Ortiz. 2015. The grass family (Poaceae) in Coahuila, Mexico: diversity and distribution. *Botanical Sciences* 93(1):1-11.

Villarreal, J.Á. 2001. *Flora de Coahuila*. Listados florísticos de México. Instituto de Biología-UNAM, México.

Familias de plantas relevantes: angiospermas y gimnospermas

Juan Antonio Encina Domínguez, José Ángel Villarreal Quintanilla, Jesús Valdés Reyna, Salvador Arias Montes, Eulalia Edith Villavicencio Gutiérrez y Miguel Agustín Carranza Pérez

El 65% del territorio de Coahuila se ubica dentro de la ecorregión del Desierto Chihuahuense (Johnston 1977), lo que se refleja en la riqueza de plantas propias de las zonas áridas y semiáridas de México y condiciona, además, la presencia de endemismos; aunado a esto se presentan especies de afinidad boreal que convergen al estado a través de la Sierra Madre Oriental.

Coahuila tiene una amplia diversidad de especies que pertenecen a familias propias de las zonas áridas, como Cactaceae, Poaceae y Ephedraceae, entre otras, junto con especies típicas de las zonas frías, como las familias Pinaceae y Cupressaceae, y otras que son de afinidad tropical, como la familia Bixaceae, Malvaceae y Sterculiaceae.

En este contexto, la distribución de un gran número de especies de plantas se extiende a regiones aledañas, como Nuevo León (con 3 175 especies; Villarreal y Estrada 2008) y Texas (con 4 834 especies; Hatch *et al.* 1990). Existe una lista para el estado que se integra por 3 034 especies de plantas vasculares, y la cual es producto de varios años de exploración botánica a través de la entidad (Villarreal 2001).

La riqueza florística de Coahuila ha sido señalada por varios autores, entre los que se encuentran: Pinkava (1984), al estudiar la vegetación y flora del bolsón de Cuatro Ciénegas; Vásquez y colaboradores (1989), en relación a los pastizales del rancho experimental ganadero Los Ángeles, municipio de Saltillo; McDonald (1990), con referencia a la flora alpina y subalpina del noreste de México; Elizondo y colaboradores (1990), en su enumeración de las cactáceas vulnerables y en peligro de extinción; y Rodríguez y colaboradores (1994), al describir la vegetación y flora de la sierra de Parras.

También cabe mencionar a: Villarreal (1994), con su estudio de la vegetación y flora de la sierra de La Paila; Hinton y Hinton (1995), con su lista de la flora del sur de Nuevo León y áreas adyacentes de Coahuila; Phipps (1997), en el trabajo sobre el género *Crataegus* en el norte de México; Villarreal (2001), al elaborar el listado de la flora de Coahuila; Muldavin y colaboradores (2014), al estudiar la vegetación y listar las especies de plantas de la sierra del Carmen; y Henrickson y Johnston (1997), respecto a la flora del Desierto Chihuahuense.

Encina-Domínguez, J.A., J.A.Villarreal-Quintanilla, J. Valdés-Reyna, S. Arias, E.E. Villavicencio G. y M.A. Carranza-Pérez. 2018. Familias de plantas relevantes: angiospermas y gimnospermas. En: *La biodiversidad en Coahuila. Estudio de Estado*, vol. II. CONABIO/Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza, México, pp. 159-160.

Sin embargo, aún existe poca exploración y colecta de material botánico en áreas donde está limitado el acceso, por ser de propiedad privada o tratarse de terrenos inaccesibles, por lo que se deberá impulsar el conocimiento botánico-ecológico de estas áreas, además de las regiones consideradas como sitios prioritarios para la conservación.

En los siguientes capítulos y en el apéndice 7 se presenta información sobre las familias de mayor relevancia en el estado, que corresponden a las dos divisiones dentro de la clasificación de las plantas: angiospermas o plantas con flores, división Magnoliphyta, que incluye a las familias Asteraceae, Cactaceae, Poaceae y Fagaceae; y gimnospermas o plantas sin flores, división Pinophyta, con información de las especies incluidas en las familias Cupressaceae, Ephedraceae, Pinaceae y Taxodiaceae.

Al contrastar los valores de riqueza de especies y géneros para cada una de las familias mencionadas con aquellos de riqueza florística reportados por Villarreal (2001), se observa que para las familias con mayor riqueza –como Asteraceae, Poaceae y Cactaceae– se incrementó de forma general el número de especies, esto posiblemente debido a una mayor exploración botánica en el estado.

Referencias

Elizondo, J.L., J. Valdés y A. Rodríguez. 1990. Cactáceas vulnerables y en peligro de extinción para Coahuila, México. *Biotam* 2:17-22.

Hatch, S.L., K.N. Gandhi y L.E. Brown. 1990. *Checklist of the vascular plants of Texas*. Texas Agricultural Experiment Station-Texas A&M University, Texas.

Henrickson, J. y M.C. Johnston. 1997. Flora of the Chihuahuan Desert region. Los Angeles (inédito).

Hinton, J. y G. Hinton. 1995. Checklist of Hinton's collections of the flora of south-central Nuevo Leon and adjacent Coahuila. *Acta Botanica Mexicana* 30:41-112.

Johnston, M.C. 1977. Brief resume of botanical, including vegetational, features of the Chihuahuan Desert region with special emphasis on their uniqueness. En: *Transactions of the Symposium on the Biological Resources of the Chihuahuan Desert Region*. R.H. Wauer y D.H. Riskind (eds). National Park Service Transactions and Proceedings Series no. 3, Washington, pp. 335-359.

McDonald, J.A. 1990. The alpine-subalpine flora of northeastern Mexico. *Sida, Botanical Miscellany* 14:21-28.

Muldavin, E.H., G. Harper, P. Neville y S. Wood. 2014. A vegetation classification of the sierra del Carmen, USA and México. En: *Proceedings of the Sixth Symposium on the Natural Resources of the Chihuahuan Desert Region*. Texas.

Phipps, J.B. 1997. Monograph of northern mexican *Crataegus* (Rosaceae, subfam. Maloideae). *Sida, Botanical Miscellany* 15:1-94.

Pinkava, D.J. 1984. Vegetation and flora of the bolson of Cuatro Cienegas region, Coahuila, Mexico. IV Summary, endemism and corrected catalogue. *Journal of the Arizona-Nevada Academy of Science* 19:23-47.

Rodríguez, A., J.Á. Villarreal y J. Valdés. 1994. Vegetación y flora de la sierra de Parras, Coahuila. *Agraria* 10:79-109.

Vásquez, R., J.Á. Villarreal y J. Valdés. 1989. *Las plantas de pastizales del rancho experimental ganadero Los Ángeles, municipio de Saltillo, Coah., México*. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), Coahuila.

Villarreal, J.Á. 1994. Vegetación y flora de la sierra de La Paila, Coahuila, México. *Sida, Botanical Miscellany* 16:109-138.

——. 2001. *Flora de Coahuila*. Listados florísticos de México. Instituto de Biología-UNAM, México.

Villarreal, J.A. y E. Estrada C. 2008. *Flora de Nuevo León*. Listados florísticos de México. Instituto de Biología-UNAM, México.

Zacates (Poaceae)

Jesús Valdés Reyna

Descripción

Los zacates o gramíneas (Poaceae o Gramineae) son hierbas anuales o perennes con raíces fibrosas, y muchas poseen rizomas (tallos modificados subterráneos) o estolones (tallos modificados aéreos) que permiten la reproducción vegetativa de las especies perennes.

Los tallos, conocidos como culmos o cañas, son cilíndricos y huecos; las hojas son lineares, angostas y con nervadura paralela. La flor de las gramíneas se localiza en una espiguilla, la cual está cubierta por dos brácteas llamadas lema y palea (figura 1), y dentro de ésta se localiza una flor reducida que no posee cáliz y corola. El fruto es un grano o cariópside rico en reservas de energía (endospermo). Todas estas características han dado a las gramíneas la capacidad para ocupar 43% de la superficie de la Tierra, con lo cual están presentes en diversos ambientes, pero son las dominantes en la vegetación llamada zacatal (Gibson 2009).



Figura 1. Zacate guía (*Hopia obtusa*). Foto: Jesús Valdés R.

Diversidad y distribución

La familia de las gramíneas es la cuarta con mayor riqueza de especies de plantas con flor. En el mundo se tienen aproximadamente 12 074 especies, en cerca de 771 géneros (Soreng *et al.* 2015).

Valdés-Reyna, J. 2018. Zacates (Poaceae). En: *La biodiversidad en Coahuila. Estudio de Estado*, vol. II. CONABIO/Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza, México, pp. 161-164.

La flora de gramíneas está clasificada en subfamilias y tribus. Para Coahuila se registra una riqueza de 318 especies y 43 infraespecies, distribuidas en ocho subfamilias, 19 tribus y 100 géneros (Valdés-Reyna 2015); de estos últimos, los que tienen un mayor número de especies son: *Muhlenbergia* con 32, *Bouteloua* con 24 (figura 2) y *Eragrostis* con 18 (apéndice 8).

Están bien adaptadas para desarrollarse en todos los ambientes y se presentan desde hábitats perturbados hasta desiertos, bosques templados y selvas, y se pueden encontrar en todos los continentes, incluida la Antártida. En algunas regiones del mundo forman el bioma de pastizal o zacatal, que es una comunidad dominada por hierbas.

De acuerdo a la regionalización, las tres subfamilias más importantes son: Chloridoideae (125 especies), distribuida principalmente en las subprovincias Del Bolsón de Mapimí, Sierras y Llanuras Coahuilenses, Sierra de la Paila y Sierras Transversales; Panicoideae (87 especies), presente en las zonas húmedas de las llanuras de Coahuila y Nuevo Leon, que corresponden a las subprovincias Serranía del Burro y Pliegues Saltillo-Parras; y Pooideae o gramíneas de crecimiento de invierno, abundante en las regiones montañosas del sureste y noroeste del estado, en las subprovincias Gran Sierra Plegada, Sierras y Llanuras Coahuilenses y Serranía del Burro, donde se presentan 86 especies.

La mayoría de las especies son nativas, pero se reportan 63 zacates introducidos a la entidad procedentes de otros continentes (Valdés-Reyna *et al.* 2015; apéndice 8), de los cuales 45 son considerados como especies invasoras (para más información consultar apéndices 4 y 5, en esta misma obra), ya que tienden a desplazar a las especies nativas (figura 3). Por su parte las especies endémicas para el estado son: *Bouteloua eriostachya*, *B. johnstonii*, *Calamagrostis coahuilensis*, *Festuca coahuilana* y *Poa wendtii* (Valdés-Reyna *et al.* 2015). Asimismo para Coahuila se consideran como gramíneas raras a 59 especies, una variedad y una subespecie.



Figura 2. Zacate chino (*Bouteloua ramosa*). Foto: Iván Montes de Oca/Banco de Imágenes de conabio.



Figura 3. Zacate tormenta (*Dichanthium aristatum*). Foto: Jesús Valdés R.

En el estado estas especies se asocian en comunidades como el zacatal mediano abierto, el cual es común en el sur de la entidad, en la subprovincia Sierras Transversales, donde las especies dominantes son el zacate navajita (*Bouteloua gracilis*) y el zacate tres barbas (*Aristida havardii*), además del zacate flechilla (*Achnatherum editorum* y *Nassella tenuissima*, figura 4).

En las subprovincias del centro-oeste del estado –Sierras y Llanuras Coahuilenses, Llanuras y Sierras Volcánicas, Del Bolsón de Mapimí



Figura 4. Zacate flechilla (*Nassella tenuissima*). Foto: Jesús Valdés R.

y Sierra de la Paila–, que es la región más árida, se presentan los zacatales de zacate toboso (*Pleuraphis mutica*). En los suelos salinos ubicados en cuencas endorreicas –subprovincias Laguna de Mayrán, Sierras y Llanuras Coahuilenses y Sierra de la Paila– son comunes los zacatales halófilos, donde dominan el zacatón alcalino (*Sporobolus airoides*) y el zacate salado (*Distichlis spicata*). En la subprovincia Llanuras de Coahuila y Nuevo León, al noreste del estado, dominan pastizales mezclados con matorral tamaulipeco, donde se presenta el zacate navajita morada (*Bouteloua trifida*).

Importancia

La familia de las gramíneas es una de las más importantes para la alimentación de los humanos, pues incluye las principales especies que son ampliamente cultivadas para obtener granos y cereales (Peterson 2013), como arroz (*Oryza sativa*), trigo (*Triticum aestivum*), maíz (*Zea mays*), cebada (*Hordeum vulgare*), centeno (*Secale cereale*), avena (*Avena sativa*) y sorgo (*Sorghum bicolor*).

Otros usos económicos notables de las gramíneas incluyen la jardinería, la construcción, principalmente con bambú, y la producción de azúcar, a través de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*). También la utilización de algunas especies de gramíneas para la producción de biocombustibles ha ganado popularidad en el mundo en los últimos años.

Situación y estado de conservación

Si bien en Norteamérica los zacatales ha persistido durante los últimos 10 000 años, la apertu-

ra en demasía de tierras agrícolas y el excesivo pastoreo de ganado doméstico han ocasionado sobrapastoreo, lo que provoca la fragmentación y disminución de las áreas de zacatal. De esta forma, aunque las gramíneas se presentan en los diferentes ecosistemas y sitios con disturbio moderado, la mayor amenaza para las especies ha sido la pérdida del hábitat.

Para todo el planeta se reportan como amenazadas 776 gramíneas (Walter y Gillet 1997), bajo las categorías: posiblemente extintas, en peligro, raras, vulnerables e indeterminadas. Para México se enlistan 278 especies endémicas (Dávila *et al.* 2006), lo cual equivale a 21.7% de la riqueza de la familia Poaceae en el país.

En cuanto al estado de conservación de todas las especies reportadas para Coahuila, ninguna se encuentra enlistada en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Por otro lado, 16 especies se consideran en preocupación menor, de acuerdo a la UICN (apéndice 8).

Es importante mencionar que el conocimiento completo de las exploraciones botánicas sobre esta familia tan importante, es el factor principal para determinar si las especies de gramíneas se encuentran en alguna de las categorías propuestas por la UICN o la categoría de especies endémicas.

Conclusión

Es necesario continuar con el trabajo de investigación para incrementar el conocimiento de la diversidad de esta familia de plantas tan importante para la especie humana, ya que, desde el punto de vista evolutivo, las gramíneas han sido exitosas por su habilidad para adaptarse, lo cual ha respondido a las necesidades de alimentación humana y les ha posicionado como las principales fuentes alimenticias para todas las civilizaciones, por lo cual es importante conservar y manejar estos recusos, que resultarán indispensables para las futuras generaciones.

Una forma de impulsar hacia adelante esta meta, es preservar la mayoría del germoplasma silvestre, con lo cual se resguardaría el código genético que permita llevar a cabo un mejoramiento de las especies de gramíneas, para que, por ejemplo, adquieran una mayor resistencia a las enfermedades (Peterson 2005).

Referencias

Dávila, A.P., M.T. Mejía-Saulés, M. Gómez-Sánchez *et al.* 2006. *Catálogo de las gramíneas de México.* UNAM/CONABIO, México.

Gibson, D.J. 2009. *Grasses and grassland ecology.* Oxford University Press, Nueva York.

Peterson, P.M. 2005. Grasses: familiy Poaceae. En: *Plant conservation: a natural history approach.* G.A. Krupnick y W.J. Kress (eds.). The University of Chicago Press, Chicago, pp. 104-108.

Peterson, P.M. 2013. Poaceae (Gramineae). En: <*http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/9780470015902.a0003689.pub2/pdf*>, última consulta: 25 de noviembre de 2014.

Soreng, R.J., P.M. Peterson, K. Romaschenko *et al.* 2015. A worldwide phylogenetic classification of the Poaceae (Gramineae). *Journal of Systematics and Evolution* 53(2):117-137.

Valdés-Reyna, J. 2015. *Gramíneas de Coahuila.* CONABIO, México.

Valdés-Reyna, J., J.L. Villaseñor, J.A. Encina-Domínguez y E. Ortiz. 2015. The grass family (Poaceae) in Coahuila, Mexico: diversity and distribution. *Botanical Sciences* 93(1):1-11.

Walter, K.S. y H.J. Gillet (eds.). 1998. *1997 IUCN Red list of threatened plants.* Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN)/The World Conservation Union, Suiza y Reino Unido.

Girasoles, margaritas y afines (Asteraceae)

José Ángel Villarreal Quintanilla

Descripción

La familia Asteraceae, también conocida como Compositae, es un grupo de plantas usualmente herbáceas (figura 1), algunas veces arbustivas (figura 2) y menos frecuentemente árboles o lianas. Se caracterizan por la inflorescencia (varias flores juntas) en forma de cabezuela o capítulo (figura 3), compuesto por un conjunto de brácteas (involucro) que rodean externamente las flores (figuras 4 y 5).

Las flores son pequeñas, usualmente de cinco pétalos fusionados, y el cáliz está representado por una serie de escamas cerdas o aristas y ocasionalmente está ausente. Algunas flores presentan una corola en forma de cinta (flores liguladas), con tres pétalos alargados y dos muy cortos; pueden ser femeninas (pistiladas), o con ambos sexos (hermafroditas).

Otras flores tienen una corola tubular (flores del disco), con todos los pétalos iguales; son pequeñas, hermafroditas y ocupan usualmente la parte central de la cabezuela. Los estambres son usualmente cinco, con filamentos libres y las anteras soldadas; el pistilo tiene un ovario inferior con un óvulo y el estilo es alargado, con dos estigmas. El fruto es pequeño, contiene una sola semilla y no abre al madurar; el cáliz modificado puede persistir en la parte superior del fruto (Rzedowski 1978).



Figura 1. *Gaillardia coahuilensis*. Foto: Juan A. Encina.

Diversidad y distribución

Este grupo es el más diverso entre las angiospermas, comprende alrededor de 23 mil especies (Bremer 1994). México es uno de los principales

Villarreal-Quintanilla, J.A. 2018. Girasoles, margaritas y afines (Asteraceae). En: *La biodiversidad en Coahuila. Estudio de Estado*, vol. II. CONABIO/Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza, México, pp. 165-169.



Figura 2. Ocotillo (*Gochnatia hypoleuca*). Foto: Jesús Valdés R.



Figura 4. Dalia (*Dahlia tubulata*). Foto: Juan A. Encina.



Figura 3. *Heliopsis parvifolia*. Foto: Juan A. Encina.

centros de diversificación, con aproximadamente unas 3 mil especies (Villaseñor 1993). Prácticamente en cualquier zona del país, excepto en las regiones cálido-húmedas, las asteráceas son el grupo más diverso.

Se estima que para Coahuila forman parte de su flora alrededor de 489 especies (11 exóticas/invasoras), además de 102 unidades infraespecíficas (apéndice 9), lo que sitúa a la familia por encima de Poaceae (gramíneas) y Fabaceae (leguminosas), que son las que le siguen en cuanto a riqueza específica (Villarreal 2001).

Las asteráceas están presentes en todos los tipos de vegetación del estado, y forman una

parte importante de los mismos, como en las asociaciones de gobernadora-hojasén (*Flourensia cernua*), de candelilla (*Euphorbia antisyphilitica*) y guayule (*Parthenium argentatum*) y de lechuguilla (*Agave lechuguilla*) y mariola (*Parthenium incanum*), en el matorral micrófilo.

Los grupos mejor representados dentro de la familia son las tribus Heliantheae (figuras 6 y 7), Astereae (figura 8), Eupatoriae y Tageteae (apéndice 9), la mayoría de distribución regional. Cerca de la mitad se distribuyen en México y el resto en Norteamérica, especialmente en los límites del Desierto Chihuahuense, pero existen especies exclusivas que caracterizan las diferentes zonas fisiográficas de Coahuila (Villarreal *et al.* 1996).

Las asteráceas son las plantas vasculares con el mayor número de endemismos (alrededor de 65 especies, además de ocho variedades) para Coahuila y áreas adyacentes (Villarreal y Encina-Domínguez 2005). Las zonas con mayor incidencia de endemismos son Cuatro Ciénegas, las sierras del Carmen y Santa Rosa, la sierra de La Paila, la sierra de Parras y las sierras de Jimulco y El Rosario, entre otras.

Algunas especies endémicas para el territorio de Coahuila son: *Ageratina zapalinama* y *A. villarrealii*, para el bosque de oyamel en la subprovincia Gran Sierra Plegada; *Brickellia stolonifera*, para el bosque de coníferas en las laderas de la sierra del Carmen, en la subprovincia Sierras y Llanuras Coahuilenses; y *Gaillardia gypsophila*, para el matorral de halófitas en dunas yesosas del valle de Cuatro Ciénegas, en las subprovincias Sierras y Llanuras Coahuilenses y Sierra de la Paila.

También pueden citarse otras especies endémicas, como *Marshalljohnstonia gypsophila*, para el matorral submontano en laderas yesosas en el centro-oeste de la subprovincia Sierra de la Paila; *Ratibida coahuilensis*, para el matorral submontano y bosque de encino en suelos pedregosos de la sierra de Santa Rosa, en la subprovincia Sierras y Llanuras Coahuilenses.



Figura 5. Sombrero de Zapata (*Ratibida columnifera*). Foto: Juan A. Encina.



Figura 6. Margarita de monte (*Melampodium cinereum*). Foto: Juan A. Encina.

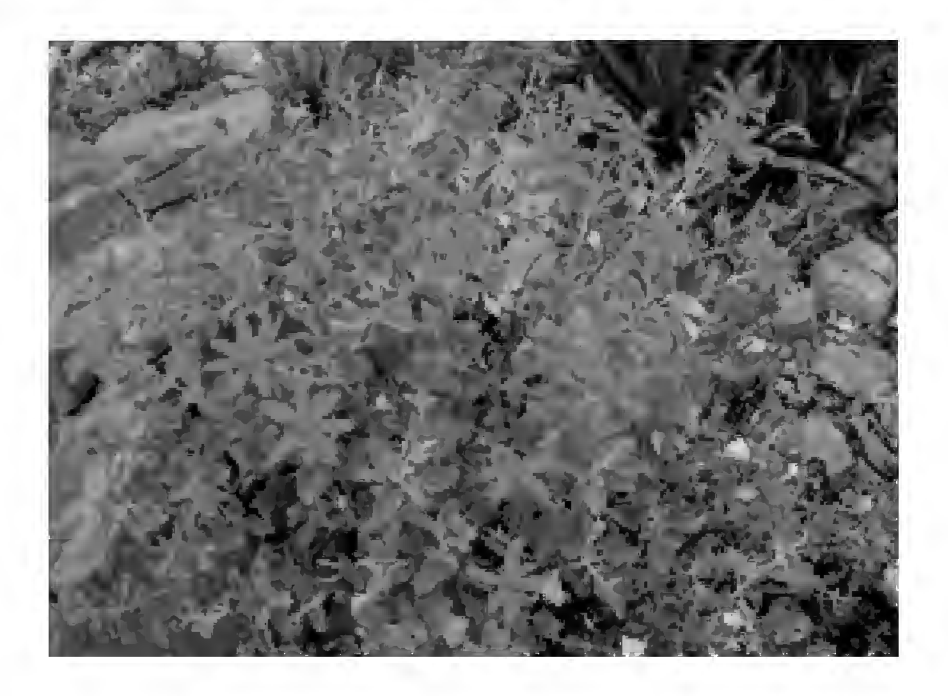


Figura 7. Escalerilla plateada (*Viguiera greggii*). Foto: Juan A. Encina.

Se estima que unas 132 especies son consideradas raras, que en conjunto representan 38% de la flora de asteráceas del estado y 14% del total de la flora coahuilense (Bonifaz 2011). Sin embargo, ninguna está comprendida en la lista oficial NOM-059-SEMARNAT-2010 de plantas endémicas sujetas a protección para la entidad.

Importancia

Algunas especies de este grupo de plantas tienen importancia económica, como el girasol (*Helianthus annuus*) y el cártamo (*Carthamus tinctorius*) de los cuales se extraen aceites, la lechuga (*Lactuca sativa*) que se consume como alimento, y la manzanilla (*Matricaria chamomilla*) que tiene usos medicinales. Otras plantas se utilizan de manera ornamental, como la dalia (*Dahlia excelsa*), el cristantemo (*Chrysanthemum leucanthemum*) y la cartulina (*Zinnia elegans*), entre otras.

Además, en el estado algunas especies encuentran aplicación en la medicina tradicional: estafiate (*Artemisia ludoviciana*), hierba de San Nicolás (*Chrysactinia mexicana*, figura 9), mariola (*Parthenium incanum*), yerbanís (*Tagetes lucida*), árnica morada (*Machaeranthera tanacetifolia*) y hojasén (*Flourensia cenua*).

Amenazas y acciones de conservación

La principal amenaza de extinción para este grupo de plantas es el deterioro del ambiente, que en Coahuila es ocasionado por el uso de la tierra para fines agropecuarios, además de los incendios forestales y la urbanización.

Una forma de conservar la riqueza florística del estado es proteger las regiones donde se distribuyen las especies endémicas, por lo que la creación de más áreas naturales protegidas es una buena estrategia. Se estima que si se conservan los centros de endemismo antes mencionados, se protegerá cerca de 40% de la flora endémica coahuilense (Villarreal y Encina-Domínguez 2005). Lamentablemente, en muchas ocasiones, las políticas de conservación no se respetan o no se llevan a cabo, se abandonan las áreas a conservar o los gobiernos toman medidas que afectan de forma irremediable los recursos naturales de la entidad.



Figura 8. *Aphanostephus ramosissimus*. Foto: Juan A. Encina.



Figura 9. Hierba de San Nicolás (*Chrysactinia mexicana*). Foto: Juan A. Encina.

Conclusión

Las asteráceas son un grupo extenso de plantas que está presente en todas las comunidades vegetales del estado y tiene usos diversos.

Muchas asteráceas tienen potencial como plantas de ornato, medicinales o para su uso en la industria. Con el fin de contrarrestar la pérdida de los recursos vegetales y promover su uso racional, estas plantas se pueden cultivar, como lo hace el Museo del Desierto con las cactáceas, y de esta forma evitar su saqueo y asegurar la conservación del germoplasma.

Referencias

Bonifaz, L.G. 2011. *Asteráceas endémicas y raras en el estado de Coahuila, México*. Tesis de licenciatura. UAAAN, Coahuila.

Bremer, K. 1994. *Asteraceae. Cladistics & classification*. Timber Press, Oregon.

Rzedowski, J. 1978. Claves para la identificación de los géneros de la familia Compositae en México. *Acta Científica Potosina* 7(1-2):5-145.

Villarreal, J.Á., J. Valdés y J.L. Villaseñor. 1996. Corología de las asteráceas de Coahuila, México. *Acta Botanica Mexicana* 36:29-42.

Villarreal, J.Á. 2001. *Flora de Coahuila*. Listados florísticos de México. Instituto de Biología-UNAM, México.

Villarreal, J.Á. y J.A. Encina-Domínguez. 2005. Plantas vasculares endémicas de Coahuila y algunas áreas adyacentes, México. *Acta Botanica Mexicana* 70:1-46.

Villaseñor, J.L. 1993. La familia Asteraceae en México. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural* 44:117-124.

Biznagas y nopales (Cactaceae)

Salvador Arias Montes, Eulalia Edith Villavicencio Gutiérrez y Miguel Agustín Carranza Pérez

Descripción

Cactaceae es una familia de la clase Magnoliopsida ampliamente distribuida en todo el continente americano, donde ha experimentado una espectacular radiación en Norte, Centro y Sudamérica, además de las Antillas y las Galápagos. Los estudios realizados en los últimos años indican que probablemente se trata de un grupo reciente, originado hace alrededor de 35 millones de años (m.a.), en el periodo Eoceno, y con un posible lugar de origen en el centro-norte de Sudamérica (Ocampo y Columbus 2010, Arakaki *et al.* 2011).

Las cifras sobre el número de especies conocidas para la familia en el continente americano fluctúan entre 1 600 y 2 mil (Anderson 2001, Hunt 2006), con una notable incidencia en regiones con algún nivel de aridez. Se conocen tres principales centros de diversidad, es decir, sitios con alto número de especies: el este de Brasil, la vertiente occidental de Los Andes, y el centro y norte de México (Barthlott y Hunt 1993).

Este grupo de plantas se caracteriza por la suculencia, que es la condición por la cual los tejidos internos (córtex y médula) se engruesan para almacenar agua o nutrientes y permiten a la planta tolerar periodos extremos sin disponibilidad de este líquido. La suculencia aparece en distintas magnitudes en las cactáceas, y está relacionada con la diversificación en la que se organizan los tallos, hojas y raíces (Terrazas y Arias 2003, Mauseth 2006, Nyffeler y Eggli 2010, Arakaki *et al.* 2011).

Esta familia se compone por las subfamilias Pereskioideae, Maihuenioideae, Opuntioideae y Cactoideae, de las cuales la última contiene el mayor número de especies. A continuación se describen, en un sentido amplio, los aspectos relativos a la riqueza de cactáceas de Coahuila (cuadro 1), los principales rasgos sobre su distribución geográfica, su nivel de conservación y principales amenazas, así como algunos elementos que permiten plantear acciones para su conservación.

Esta información se sustenta en las recientes obras taxonómicas para la familia Cactaceae y en una base de datos de los autores, alimentada principalmente del Herbario Antonio Narro Saltillo México (ANSM) de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) y el Herbario Nacional de México (MEXU) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

Arias, S., E.E. Villavicencio G. y M.A. Carranza-Pérez. 2018. Biznagas y nopales (Cactaceae). En: *La biodiversidad en Coahuila. Estudio de Estado*, vol. II. CONABIO/Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza, México, pp. 171-181.

Diversidad taxonómica y distribución

El conocimiento y análisis de la diversidad taxonómica y distribución de las cactáceas silvestres en México se ha incrementado en forma sustantiva durante las últimas dos décadas, a partir de los trabajos pioneros de Bravo-Hollis (1978) y Bravo-Hollis y Sánchez-Mejorada (1991) quienes reconocieron 1 080 taxones (854 especies y 226 categorías infraespecíficas). Los estudios recientes han permitido tener un mejor conocimiento sobre varios grupos taxonómicos, el cual se ofrece en algunos catálogos (Guzmán *et al.* 2003, Hernández *et al.* 2004, Hunt 2006).

A partir de esos recuentos recientes se estima que en México existen alrededor de 675 especies y 244 categorías infraespecíficas, ya sean subespecies o variedades. Cerca de 77% (520) de las especies y 84% (205) de las categorías infraespecíficas, son endémicas para el país (Guzmán *et al.* 2003).

La distribución de las cactáceas silvestres abarca todos los estados de México, pero la concentración por entidad federativa varía notablemente. En sólo siete entidades hay 100 o más especies, la mayoría en el norte del país, en San Luis Potosí, Coahuila, Nuevo León, Zacatecas, Tamaulipas y Sonora; y sólo una está al sur, en Oaxaca (Guzmán *et al.* 2003, Godínez-Álvarez y Ortega-Baes 2007).

El patrón de distribución de cactáceas en el norte de México indica que los mayores valores de presencia de especies corresponden a San Luis Potosí, Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas, así como en el centro del país se presentan en Hidalgo y Querétaro (González 2004, Hernández *et al.* 2004, Martínez-Ávalos y Jurado 2005, Godínez-Álvarez y Ortega-Baes 2007).

Coahuila es uno de los tres estados con mayor diversidad taxonómica de cactáceas silvestres de México. Se estima que existen cerca de 127 especies y siete infraespecies en el estado con una distribución heterogénea, ya que 57 de ellas están documentadas sólo para una subprovincia fisiográfica (por ejemplo *Echinocereus mapimiensis* en Laguna de Mayrán; figura 1); 32 habitan en dos subprovincias, como *Mammillaria coahuilensis* en Pliegues Saltillo-Parras y Sierras Transversales (figura 2); sólo tres especies se distribuyen en seis subprovincias y una sola especie en nueve (*Echinocereus enneacanthus*).

En la presente revisión se detectó que tan sólo en Sierras y Llanuras Coahuilenses, Sierra de la Paila y Pliegues Saltillo-Parras existen 47 o



Figura 1. Organito (*Echinocereus mapimiensis*, subfamilia Cactoideae), endémico de Coahuila. Foto: Salvador Arias.



Figura 2. Biznaga de Coahuila (*Mammillaria coahuilensis*, subfamilia Cactoideae). Foto: Salvador Arias.

más especies de cactáceas, y destaca esta última subprovincia con 62 especies (apéndice 10).

Lo anterior confirma la elevada tasa de distribución restringida en la entidad, ya que 89 especies, 73% del total, se han localizado en una o dos subprovincias. Respecto a su pertenencia taxonómica, las especies se incluyen en las subfamilias Opuntioideae (23 especies) y Cactoideae (105 especies).

Opuntioideae

Para esta subfamilia los géneros representados son *Grusonia, Cylindropuntia* y *Opuntia* (cuadro 1, apéndice 10). De ellos, *Grusonia* está integrado por seis especies, de las cuales cinco conforman el subgrupo Corynopuntia, relevante en términos biológicos para Coahuila, ya que en la entidad existen cinco de las siete especies conocidas, y están distribuidas en cinco subprovincias del centro del estado, entre las que destaca Sierra de la Paila por contar con la mayor representatividad; además una de ellas es endémica de México (*Grusonia moelleri*).

El género *Grusonia* también reviste relevancia por ser monotípico, con una sola especie, y endémico del estado, ya que su distribución se encuentra restringida a las subprovincias Laguna de Mayrán y Sierra de la Paila (figura 3). Por lo tanto, Coahuila es parte del centro de diversidad para esos géneros.

El género *Cylindropuntia* tiene cerca de 35 especies que se distribuyen en Estados Unidos de América y México, aunque también hay especies introducidas en América del Sur (Hunt 2006). En Coahuila está documentada la presencia de cinco especies, las cuales son de distribución considerablemente amplia, con excepción de *Cylindropuntia anteojoensis*, endémica del estado.

Un estudio filogenético ha puesto en evidencia la hermandad de *Corynopuntia*, *Cylindropuntia* y *Grusonia* (Griffith y Porter 2009). Sin embargo, la pobre resolución en la conformación de los clados subraya la importancia de realizar estudios de estos taxa bien representados en el norte de México.



Figura 3. Organillo o viejo (*Grusonia bradtiana*, subfamilia Opuntioideae), endémico de Coahuila. Foto: Salvador Arias.

Opuntia es uno de los pocos géneros con más de 150 especies a nivel continental (el otro es *Mammillaria*). Posee una amplia distribución en toda América y en México, donde es conocido como nopal y tiene uno de sus principales centros de diversidad (Bravo-Hollis 1978, Hunt 2006). En Coahuila está representado por 12 especies, cifra relativamente inferior a la reportada en otros estados circunvecinos como Nuevo León y San Luis Potosí, con alrededor de 15 y 24 especies, respectivamente (Guzmán *et al.* 2003).

Esta cifra posiblemente cambie si se retoma un amplio e inclusivo estudio sistemático –de delimitación de especies, híbridos y distribución– para nopales silvestres, por ser de notable importancia biológica y económica para México y, en particular, para Coahuila (López y Elizondo 1988, Rodríguez *et al.* 1988, Majure *et al.* 2012). Las especies reportadas actualmente para el estado se distribuyen en seis subprovincias, de las cuales destaca Pliegues Saltillo-Parras, por la representatividad de especies conocidas (figura 4, apéndice 10).

Cuadro 1. Descripción de las subfamilias de Cactaceae y géneros nativos de Coahuila, que incluye número de especies conocidas para el estado.

Subfamilia (especies)	Descripción	Géneros	Especies
Opuntioideae (aprox. 330 spp.)	Grupo de arbustos o árboles, con marcada reducción en el tamaño de la hoja; los tallos son suculentos con formas diversas, como la cilíndrica (*Cylindropuntia* spp., *Grusonia bradtiana*), plana o cladodio (*Opuntia* spp.) y claviforme (*Grusonia* spp.). Se distribuyen en todo el continente, en ambientes cálido-húmedos hasta áridos, y en este último es donde más se han diversificado (Pinkava 2002, Mauseth 2005, Griffith y Porter 2009)	*Opuntia*	12
		Grusonia	6
		Cylindropuntia	5
Cactoideae (aprox. 1 530 spp.)	Arbustos y árboles con hojas rudimentarias, porque aparecen sólo en estadios tempranos de desarrollo de la planta. Los tallos son muy suculentos y han desarrollado un amplio espectro de formas de crecimiento, que incluye el columnar con ramificación (*Ferocactus pilosus*), cilíndrico (*Neolloydia conoidea, Thelocactus bicolor*), globoso (*Epithelantha micromeris, Stenocactus multicostatus*) y globoso-deprimido (*Ariocarpus* spp.), además de aquellos que desarrollan otras estrategias de crecimiento –trepador y epífito– (*Epiphyllum*). Se distribuyen a lo largo de América, incluso en las islas, con una marcada preferencia por ambientes cálido-secos y, sobre todo, áridos, donde pueden ser parte importante de la fisonomía de los matorrales (Butterworth *et al.* 2002, Terrazas y Arias 2003, Nyffeler y Eggli 2010, Hernández-Hernández *et al.* 2011, Vázquez-Sánchez *et al.* 2013)	*Mammillaria*	24
		Echinocereus	19
		Coryphantha	16
		Escobaria	8
		Thelocactus	6
		Ariocarpus	3
		Echinocactus	3
		Turbinicarpus	3
		Acharagma	2
		Astrophytum	3
		Epithelantha	2
		Ferocactus	3
		Leuchtenbergia	1
		Lophophora	2
		Neolloydia	1
		Peniocereus	1
		Sclerocactus	6
		Stenocactus	1

Fuente: elaboración propia con información de Butterworth *et al.* 2002, Pinkava 2002, Terrazas y Arias 2003, Mauseth 2005, Griffith y Porter 2009, Nyffeler y Eggli 2010, Hernández-Hernández *et al.* 2011, Vázquez-Sánchez *et al.* 2013.

Cactoideae

En la entidad esta subfamilia está representada por 18 géneros (cuadro 1, apéndice 10), todos son parte de una línea evolutiva (también llamadas tribus) denominada Cacteae, que evolucionó y se diversificó en el norte de México, en particular sobre las estribaciones de la Sierra Madre Oriental, en el noreste del país (Santa Ana *et al.* 2009, Vázquez-Sánchez *et al.* 2013).

En Coahuila se concentra 40% o más de las especies de los siguientes géneros: *Acharagma*, con dos de las especies conocidas (figura 5); *Ariocarpus*, con tres de seis; *Astrophytum*, con tres de seis; *Echinocactus*, también con tres de seis (figura 6); *Epithelantha*, con las dos especies conocidas para el género; *Escobaria*, con ocho de 17 (figura 8); *Lophophora*, con dos de tres; *Sclerocactus*, con seis de 18 (figura 7); y *Thelocactus*, con seis de 11 (figura 9).

Lo anterior otorga un alto significado biológico tanto al estado como a las entidades vecinas, por contener el mayor número de linajes que conforman la tribu Cacteae.

Otro caso relevante es *Mammillaria*, por ser el género más diverso taxonómicamente de la familia, con más de 160 especies, y por presentar la distribución geográfica más amplia entre los géneros de Cacteae (Hunt 2006).

En Coahuila están documentadas 24 especies con diversos niveles de distribución geográfica, y se incluyen desde las más ampliamente distribuidas en México por ejemplo *M. heyderi*, hasta aquellas de extrema restricción, endémicas del estado y circunscritas a una subprovincia, como *M. grusonii* y *M. luethyi* (figura 10), por lo que este género representa un interesante grupo de estudio sobre ecología poblacional, biología de la reproducción y diversidad genética, entre otros temas.

Cabe señalar que los estudios filogenéticos recientes revelan que aún no se llega a una estabilidad en el reconocimiento de algunos géneros, por no ser monofiléticos, es decir, por no agrupar a todas las especies que comparten



Figura 4. Nopal (*Opuntia engelmannii*, subfamilia Opuntioideae). Foto: Juan A. Encina.



Figura 5. Biznaga (*Acharagma aguirreanum*, subfamilia Cactoideae), endémica de Coahuila. Foto: Salvador Arias.



Figura 6. Mancacaballo (*Echinocactus texensis*, subfamilia Cactoideae). Foto: Juan A. Encina.



Figura 7. Sanjuanera (*Sclerocactus unguispinus*, subfamilia Cactoideae). Foto: Salvador Arias.



Figura 8. Biznaga (*Escobaria laredoi*, subfamilia Cactoideae), endémica de Coahuila. Foto: Salvador Arias.



Figura 9. Biznaga (*Thelocactus bicolor*, subfamilia Cactoideae). Foto: Salvador Arias.



Figura 10. Biznaguita (*Mammillaria luethyi*, subfamilia Cactoideae), endémica de Coahuila. Foto: Salvador Arias.

un ancestro común, incluido dicho ancestro (Butterworth *et al.* 2002, Butterworth y Wallace 2004, Hernández-Hernández *et al.* 2011, Vázquez-Sánchez *et al.* 2013). Éste es el caso de ciertos géneros reconocidos aquí como *Echinocactus* (figura 6), *Ferocactus*, *Mammillaria* (figuras 2 y 10), *Thelocactus* (figura 9) y *Turbinicarpus* (figura 11).

Por su parte, *Peniocereus* y *Echinocereus* son miembros de otra línea evolutiva, tribu Echinocereeae, la cual se estima que evolucionó en el sur de México y se diversificó hacia las dos vertientes. Sin embargo, estos dos géneros son los únicos miembros de esa tribu que diversificaron

en el norte del territorio del país en un tiempo reciente, de 8.5 a 7.5 m.a. (Arakaki *et al.* 2011).

Para Coahuila se reporta a *Peniocereus greggii* como la única representante de este género y, para el caso de *Echinocereus* (figuras 1 y 12), se registran 19 de las cerca de 50 especies conocidas para el género.

El conjunto de especies tiene diversos patrones de distribución, desde aquellas que en el norte de México tienen su límite meridional y se extienden hacia el centro de Estados Unidos (por ejemplo *E. coccineus*, *E. dasyacanthus* y *E. viridiflorus*), las que son endémicas de México y con distribución amplia en el norte del país, como *E. parkeri*, o bien, las endémicas del estado y que se encuentran en una subprovincia fisiográfica, como *E. carmenensis* en Sierras y Llanuras Coahuilenses, y *E. mapimiensis* en Laguna de Mayrán.

Algunos estudios filogenéticos sugieren que *Echinocereus* es hermano de géneros más sureños, como *Escontria*, *Myrtillocactus* y *Stenocereus*, mientras que *Peniocereus* es más cercano a *Bergerocactus*, *Cephalocereus* y *Lemaireocereus* (Arias *et al.* 2005, Sánchez *et al.* 2014). Sin embargo, aún son fundamentales los estudios sobre reconocimiento de especies, los cuales tienen una importancia real porque, a través de ellos, se puede dar sustento a estudios ecológicos, de conservación y manejo sustentable (Sánchez *et al.* 2013).

A manera de ejemplo de lo anterior, se considera que *Astrophytum coahuilense* (Vázquez-Lobo *et al.* 2015), *Mammillaria zeyeriana*, *Opuntia orbiculata*, *O. pailana* y *O. rufida* corresponden a especies escasamente conocidas, por lo que es recomendable realizar estudios sistemáticos particulares.

Importancia

Está bien documentado, en referentes históricos y actuales, que las cactáceas son importantes en diversos aspectos culturales y económicos entre los mexicanos (Diguet 1928, Bravo-Hollis y Sánchez-Mejorada 1991). En las amplias zonas



Figura 11. Biznaguita cono invertido (*Turbinicarpus valdezianus*, subfamilia Cactoideae), endémica de México. Foto: Salvador Arias.



Figura 12. *Echinocereus dasyacanthus* (subfamilia Cactoideae). Foto: Salvador Arias.

áridas y semiáridas del norte de México, y en particular en Coahuila, las cactáceas han sido utilizadas para múltiples propósitos a través del tiempo.

A este respecto hay evidencias del uso, para la alimentación humana, de tallos (nopal, *Opuntia* spp.), flores (como los botones florales de biznaga colorada, *Ferocactus pilosus*) y frutos (por ejemplo el alicoche, *Echinocereus enneacanthus*; figura 13). Asimismo la utilidad como forraje está bien documentada para los tallos de algunas



Figura 13. Pitaya (*Echinocereus enneacanthus*, subfamilia Cactoideae). Foto: Salvador Arias.

especies de nopal, tal como *Opuntia engelmannii* (figura 4; Rodríguez *et al.* 1988).

Las cactáceas también son bien conocidas por su uso como plantas ornamentales, en una escala que va desde su uso eventual hasta la conformación de colecciones especializadas. Las poblaciones nativas de aquellas especies consideradas ornamentales se encuentran principalmente en regiones áridas donde las variaciones fisiográficas, climáticas y edáficas determinan en gran medida su distribución y abundancia (Villavicencio *et al.* 2006).

El comercio de las cactáceas silvestres de Coahuila es básicamente informal, por lo que es imposible cuantificar las especies que involucra actualmente. Sin embargo, en aquellos viveros e invernaderos con registro, se reportan especies de nueve géneros que tienen mayor valor económico: *Ariocarpus, Astrophytum, Coryphantha, Mammillaria, Turbinicarpus, Echinocactus, Echinocereus, Epithelantha* y *Ferocactus*.

Por el potencial ornamental que tienen las cactáceas tanto en Coahuila como en el resto del país, aunado a la pérdida de poblaciones naturales propiciada por el cambio en el uso del suelo y el comercio irregular, resulta necesario prestar más atención al manejo de este recurso fitogenético (Bárcenas 2006, Villavicencio *et al.* 2010, 2011).

Situación y estado de conservación

De las 128 especies reportadas para Coahuila, sólo 41 se han incorporado en alguna categoría de riesgo dentro de la NOM-059 (SEMARNAT 2010). Sin embargo, de las 21 especies endémicas presentes en el estado, sólo nueve se encuentran en la norma oficial mexicana (cuadro 2). La única especie endémica en la categoría de peligro de extinción es *Coryphantha werdermannii*, conocida como borrachito.

Cabe mencionar el caso de *Echinocereus longisetus*, conocida como viejito, ya que la norma oficial reconoce tres subespecies consideradas bajo diferente categoría (cuadro 2, apéndice 10), por lo que se requiere un estudio amplio sobre la delimitación de la especie, demografía y biología reproductiva, para definir su posición taxonómica, grado de rareza y, por tanto, necesidad de protección.

Respecto a las especies de Coahuila consideradas en la Lista Roja de la UICN, en el lapso de 13 años se ha incrementado el número total de especies reportadas bajo alguna categoría de protección, y pasó de 49 a 128 (Elizondo *et al.* 1990, UICN 2013). En la entidad se reportan cuatro en peligro crítico y tres son endémicas del estado: *Acharagma aguirreanum*, *Echinocereus nivosus* y *Turbinicarpus mandragora*. Este incremento en el número de especies vulnerables es resultado del deterioro y cambio en el uso del suelo, pero la extracción directa por comercio ilegal aún sigue en operación (Bárcenas 2006).

Principales amenazas

El desarrollo de las actividades agrícolas y ganaderas en un sentido amplio –monocultivos, pastos introducidos para ganadería intensiva, silvicultura, pastoreo sobre vegetación natural, entre otras–, la expansión de centros urbanos con propósitos residencial o comercial, y el

Cuadro 2. Número de cactáceas enlistadas bajo alguna categoría en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y endémicas a Coahuila.

Categoría	Número de especies	Endemismos
En peligro de extinción (P)	1	*Coryphantha werdermannii*
Amenazada (A)	17	*Echinocereus longisetus* subsp. *delaetii*, *E. longisetus* subsp. *freudenbergeri*, *Turbinicarpus mandragora*
Sujeta a protección especial (Pr)	23	*Acharagma aguirreanum*, *E. longisetus* subsp. *longisetus*, *E. nivosus*, *Escobaria laredoi*, *Mammillaria grusonii*, *Cylindropuntia anteojoensis*

Fuente: elaboración propia con base en SEMARNAT 2010.

desarrollo de obra pública –carreteras–, de energía y de minería representan las amenazas más importantes sobre las cactáceas, así como para el resto de la biota.

Además, como una amenaza particular, está la extracción ilegal, con propósitos ornamentales, de plantas de algunas especies endémicas, que es una actividad cuyos impactos negativos aún no han sido formalmente cuantificados, como ya se mencionó previamente.

Conclusión

Coahuila cuenta con una notable riqueza de especies de cactáceas. En los años próximos se esperan cambios taxonómicos en algunos taxa, así como el descubrimiento de nuevos en regiones todavía poco conocidas del estado.

Es imprescindible continuar con los estudios sistemáticos –florísticos, taxonómicos y filogenéticos– como base del conocimiento de la cactoflora de Coahuila. Ejemplo de ello son los estudios florísticos clásicos realizados en la sierra de Parras (Orta 1984) y el municipio de Ramos Arizpe (Wehbe 1985).

En la medida que se avance en la ejecución de estudios integrales que, además del componente sistemático, incluyan aspectos ecológicos y sociales, se entenderá de forma integral el funcionamiento y vulnerabilidad de las especies y su ambiente, y entonces será posible superar los retos de conservación y aprovechamiento.

Por otra parte, menos de la mitad de especies endémicas de Coahuila están incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, por lo que se considera necesario aplicar el método de evaluación de riesgo de extinción de plantas MER-plantas (SEMARNAT 2010) para ese grupo crítico de especies y conocer su nivel de riesgo, como se llevó a cabo para *Coryphantha werdermannii* (Portilla 2007, Montaña 2009). Ahora, más que nunca, es inaplazable la aplicación de estrategias de conservación multicriterio para un eventual aprovechamiento racional del recurso.

En este sentido, en la entidad no existen apoyos técnicos, de infraestructura y de oferta de mercado para las comunidades organizadas que tienen interés en la producción de estas plantas; para lograr tales respaldos, es necesario identificar regiones en las que se conjugue una alta diversidad de especies y sectores sociales

conformados en una cadena productiva que puedan gestionar apoyos de diversificación para la producción, lo cual constituiría una forma adecuada para el manejo sustentable de este recurso natural y contribuiría a disminuir la presión sobre sus poblaciones silvestres.

Referencias

Anderson, E.F. 2001. *The cactus family*. Timber Press, Portland.

Arakaki, M., P.A. Christin, B. Nyffeler *et al.* 2011. Contemporaneous and recent radiations of the world's major succulent plant lineages. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 108:8379-8384.

Arias, S., T. Terrazas, H. Arreola-Nava *et al.* 2005. Phylogenetic relationships in *Peniocereus* (Cactaceae) inferred from plastid DNA sequence data. *Journal of Plant Research* 118:317-328.

Bárcenas, R.T. 2006. Comercio de cactáceas mexicanas y perspectivas para su conservación. *Biodiversitas* 68:11-15.

Barthlott, W. y D.R. Hunt. 1993. Cactaceae. En: *The families and genera of vascular plants*. Vol. II. K. Kubitzki (ed.). Springer, Berlín, pp. 161-197.

Bravo-Hollis, H. 1978. *Las cactáceas de México*. Vol. I. UNAM, México.

Bravo-Hollis, H. y H. Sánchez-Mejorada. 1991. *Las cactáceas de México*. Vol. 2 y 3. UNAM, México.

Butterworth, C.A., H. Cota-Sánchez y R. Wallace. 2002. Molecular systematics of tribe Cacteae (Cactaceae: Cactoideae): a phylogeny based on rpl16 intron sequence variation. *Systematic Botany* 27:257-270.

Butterworth, C.A. y R. Wallace. 2004. Phylogenetic studies of *Mammillaria* (Cactaceae) – insights from chloroplast sequence variation and hypothesis testing using the parametric bootstrap. *American Journal of Botany* 91:1086-1098.

Diguet, L. 1928. *Les cactacées útiles du Mexique*. Socieéte Nationale d'Acclimatation de France, París.

Elizondo, J.L., J. Valdés y A. Rodríguez. 1990. Cactáceas vulnerables y en peligro de extinción para Coahuila, México. *Biotam* 2:17-22.

Godínez-Álvarez, H. y P. Ortega-Baes. 2007. Mexican cactus diversity: environmental correlates and conservation priorities. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 81:81-87.

González, M.A. 2004. *Cactáceas del estado de Nuevo León: riqueza, patrones de distribución y conservación*. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias Forestales-UANL, Nuevo León.

Griffith, M.P. y J.M. Porter. 2009. Phylogeny of Opuntioideae. *International Journal of Plant Science* 17:107-116.

Guzmán, U., S. Arias y P. Dávila. 2003. *Catálogo de cactáceas mexicanas*. UNAM/CONABIO, México.

Hernández, H.M., C. Gómez-Hinostrosa y B. Goettsch. 2004. Checklist of Chihuahuan Desert Cactaceae. *Harvard Papers in Botany* 9:51-68.

Hernández-Hernández, T., H.M. Hernández, J.A. De-Nova *et al.* 2011. Phylogenetic relationships and evolution of growth form in Cactaceae (Caryophyllales, Eudicotyledoneae). *American Journal of Botany* 98:44-61.

Hunt, D.R. 2006. *The new cactus lexicon*. DH Books, Reino Unido.

López, J.J. y J.L. Elizondo. 1988. El conocimiento y aprovechamiento del nopal en México. En: *El nopal. Programa y resúmenes de la 3ª Reunión Nacional y 1ª Internacional*. J.J. López y M.J. Ayala (eds.). UAAAN, Coahuila.

Majure, L.C., R. Puente, M.P. Griffith *et al.* 2012. Phylogeny of *Opuntia* s.s. (Cactaceae): clade delineation, geographic origins and reticulate evolution. *American Journal of Botany* 99:847-864.

Martínez-Ávalos, J.G. y E. Jurado. 2005. Geographic distribution and conservation of Cactaceae from Tamaulipas, Mexico. *Biodiversity and Conservation* 14:2483-2506.

Mauseth, J.D. 2005. Anatomical features, other than wood, in subfamily Opuntioideae (Cactaceae). *Haseltonia* 11:113-125.

Mauseth, J.D. 2006. Structure-function relationships in highly modified shoots of Cactaceae. *Annals of Botany* 98:901-926.

Montaña, D.M. 2009. *Respuesta poblacional de Coryphantha werdermannii a diferentes intensidades de disturbio antropogénico en Cuatro Ciénegas, Coahuila*. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias-UNAM, México.

Nyffeler, R. y U. Eggli. 2010. A farewell to dated ideas and concepts-molecular phylogenetics and a revised suprageneric classification of the family Cactaceae. *Schumannia* 6:109-149.

Ocampo, G. y J.T. Columbus. 2010. Molecular phylogenetics of suborder Cactineae (Caryophyllales), including insights into photosynthetic diversification and historical biogeography. *American Journal of Botany* 97:1827-1847.

Orta, M.A. 1984. *Las cactáceas de la sierra de Parras, Coahuila*. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma del Noreste (UANE), Coahuila.

Pinkava, D.J. 2002. On the evolution of continental north american Opuntioideae. *Succulent Plant Research* 6:59-98.

Portilla, R.M. 2007. *Estudio demográfico de tres poblaciones de Coryphantha werdermannii (Cactaceae) en condiciones contrastantes de disturbio*. Tesis de licenciatura en biología. Facultad de Ciencias-UNAM, México.

Rodríguez, A., J.J. López, J.L. Elizondo y J. Reyna. 1988. Amplitud ecológica de *Opuntia lindheimeri* Engelmann, en el estado de Coahuila. En: *El nopal. Programa y resúmenes de la 3ª Reunión Nacional y 1ª Internacional*. J.J. López y M.J. Ayala (eds.). UAAAN, Coahuila.

Sánchez, D., S. Arias y T. Terrazas. 2013. Análisis morfométrico de las especies de *Echinocereus* sección *Triglochidiati* (Cactaceae) en México. *Brittonia* 65:368-385.

——. 2014. Phylogenetic relationships in *Echinocereus* (Cactaceae, Cactoideae). *Systematic Botany* 39:1183-1196.

Santa Ana, H., R. Contreras-Medina e I. Luna-Vega. 2009. Biogeographic analysis of endemic cacti of the Sierra Madre Oriental, Mexico. *Biological Journal of the Linnean Society* 97:373-389.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación (DOF). Texto vigente.

Terrazas, T. y S. Arias. 2003. Comparative stem anatomy in the subfamily Cactoideae. *Botanical Review* 68:444-473.

UICN. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. 2013. IUCN Red list of threatened plants. Version 2013.1. En: <*www.iucnredlist.org*>, última consulta: 30 de julio de 2013.

Encinos (Fagaceae)

Juan Antonio Encina Domínguez

Descripción

En Coahuila la familia Fagaceae está representada por el género *Quercus*, al cual pertenecen los encinos, también conocidos como robles (Encina-Domínguez y Villarreal 2002). El género *Quercus* está dividido en dos subgéneros: *Cyclobalanopsis*, restringido al este de Asia y Malasia, y *Quercus*.

Este último subgénero comprende tres secciones: *Lobatae* (encinos rojos), con distribución desde el sureste de Canadá hasta Colombia, en Sudamérica; *Protobalanus* (encinos intermedios), endémicos para el oeste de Norteamérica; y la sección *Quercus* (encinos blancos), presentes en los hemisferios este y oeste (Nixon 1993a). En la república mexicana se presentan el subgénero *Quercus* y las tres secciones que lo componen (Nixon 1993b), y en Coahuila existen dos secciones: *Lobatae* y *Quercus* (cuadro 1).

Este grupo se reconoce por sus hojas de consistencia coriácea, similar al cuero (figura 1); son especies monoicas, ya que poseen flores masculinas y femeninas en un mismo individuo,

Cuadro 1. Riqueza de especies del subgénero *Quercus* en México y Coahuila.

Subgéneros	Secciones	Distribución	Especies en México	Especies en Coahuila
Cyclobalanopsis	-	Restringido al este de Asia y Malasia	-	-
Quercus	*Lobatae*	Sureste de Canadá hasta Colombia	76	12
	Protobalanus	Restringido al noroeste de México y suroeste de Estados Unidos	4	-
	Quercus	Hemisferio este y oeste	81	20 (y una variedad)

Fuente: elaboración propia con base en Nixon 1993a, Valencia 2004.

Encina-Domínguez, J.A. 2018. Encinos (Fagaceae). En: *La biodiversidad en Coahuila. Estudio de Estado*, vol. II. CONABIO/Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza, México, pp. 183-189.

y ambas son apétalas; las inflorescencias masculinas crecen en amentos alargados, similares a espigas, y las femeninas en forma de racimo reducido. El fruto es una nuez con una semilla; la nuez se desarrolla sobre un involucro o cúpula, y en conjunto forman la bellota (figura 2).

En general las bellotas de los encinos blancos maduran en el año en que ocurre la fertilización –bellotas anuales, ciclo reproductivo de un año– y no presentan reposo; las de los encinos rojos requieren de dos años para madurar –bellotas bianuales, ciclo reproductivo de tres años– y en muchas especies presentan un reposo breve de dos a tres meses. Los encinos son un grupo en el que, en condiciones naturales, ocurre hibridación (Grant 1989), lo que complica la taxonomía de las especies del género *Quercus*.



Figura 1. Hojas y bellotas del encino *Quercus grisea*. Las hojas tienen una textura coriácea, similar al cuero. Foto: Juan A. Encina.



Figura 2. Bellotas de encino *Quercus greggii*. Foto: Juan A. Encina.

Diversidad y distribución

Para México, Valencia (2004) reporta 161 especies de *Quercus*: 76 en la sección *Lobatae* (encinos rojos), 81 en la sección *Quercus* (encinos blancos) y cuatro especies en la sección *Protobalanus* (encinos intermedios); en total son 109 especies endémicas para el país. Los estados con mayor riqueza de especies son: Oaxaca, Nuevo León, Jalisco, Chihuahua y Veracruz. Asimismo México comparte con los Estados Unidos de América 33 especies de encinos. La cifra actual de encinos de México contrasta con los 87 de Estados Unidos y Canadá.

En Centroamérica se tienen 30 especies, 19 de las cuales también existen en México, mientras que en Sudamérica solamente se tiene un encino rojo (*Q. humboldtii*; Nixon 1993b). De acuerdo con Encina-Domínguez y Villarreal (2002) y Villarreal *et al.* (2008), para Coahuila se reconocen 32 especies de encino y una variedad; 12 (36.36%) pertenecen a la sección *Lobatae*, mientras que 20 y una variedad (63.63%) forman parte de la sección *Quercus*.

De las 33 especies presentes en Coahuila (apéndice 11), 15 son endémicas a México, una se distribuye hasta Guatemala, 11 se distribuyen en México y el suroeste de los Estados Unidos y tres especies tienen su mayor distribución en los Estados Unidos, con poblaciones aisladas en algunas localidades de Coahuila. A continuación se muestra la distribución general de los encinos presentes en el estado (cuadro 2).

Los encinos endémicos del estado son *Q. carmenensis*, *Q. coahuilensis*, *Q. gravesii*, *Q. hintoniorum* (figura 3), *Q. invaginata* y *Q. saltillensis* (figura 4), que corresponde a 18.1% del total de especies.

Cuadro 2. Distribución general de las especies de encino en Coahuila.

Distribución	Especies	Subprovincias fisiográficas en Coahuila
Endémicas a Coahuila	*Quercus carmenensis*	Sierras y Llanuras Coahuilenses
	Q. coahuilensis	Sierras Transversales, Sierra de la Paila, Llanuras y Sierras Volcánicas
	Q. gravesii	Sierras y Llanuras Coahuilenses
	Q. hintoniorum	Gran Sierra Plegada
	Q. invaginata	Sierras y Llanuras Coahuilenses
	Q. saltillensis	Gran Sierra Plegada
Endémicas a México	*Q. fulva*	Gran Sierra Plegada
	Q. greggii	Gran Sierra Plegada, Sierras Transversales
	Q. laeta	Gran Sierra Plegada, Sierras Transversales, Sierra de la Paila
	Q. hypoxantha	Gran Sierra Plegada
	Q. mexicana	Gran Sierra Plegada
	Q. potosina	Gran Sierra Plegada
	Q. pringlei	Sierras y Llanuras Coahuilenses, Sierra de la Paila, Gran Sierra Plegada, Sierras Transversales
	Q. sideroxyla	Sierras y Llanuras Coahuilenses, Gran Sierra Plegada
	Q. striatula	Sierras y Llanuras Coahuilenses, Sierra de la Paila, Gran Sierra Plegada, Sierras Transversales
	Q. tuberculata	Sierras y Llanuras Coahuilenses
Distribución hasta Guatemala	*Q. rugosa*	Sierras y Llanuras Coahuilenses, Gran Sierra Plegada
Presentes en México y áreas adyacentes con los Estados Unidos	*Q. arizonica*	Sierras y Llanuras Coahuilenses
	Q. emoryi	Sierras y Llanuras Coahuilenses
	Q. fusiformis	Llanuras de Coahuila y Nuevo León
	Q. grisea	Sierras y Llanuras Coahuilenses, Serranía del Burro
	Q. hypoleucoides	Sierras y Llanuras Coahuilenses
	Q. intricata	Sierras y Llanuras Coahuilenses, Sierra de la Paila, Gran Sierra Plegada, Sierras Transversales
	Q. laceyi	Sierras y Llanuras Coahuilenses, Sierra de la Paila, Gran Sierra Plegada
	Q. mohriana	Serranía del Burro, Sierras y Llanuras Coahuilenses
	Q. oblongifolia	Llanuras y Sierras Volcánicas, Sierras y Llanuras Coahuilenses
	Q. pungens	Llanuras y Sierras Volcánicas, Sierras y Llanuras Coahuilenses
Abundantes en los Estados Unidos y poblaciones aisladas en el norte de México	*Q. gambelii*	Sierras y Llanuras Coahuilenses
	Q. sinuata var. *breviloba*	Sierras y Llanuras Coahuilenses, Serranía del Burro
	Q. muehlenbergii	Sierras y Llanuras Coahuilenses

Fuente: Encina-Domínguez y Villarreal 2002.



Figura 3. Encino *Quercus hintoniorum*. Foto: Juan A. Encina.



Figura 4. Encino *Quercus saltillensis*. Foto: Juan A. Encina.

El aislamiento ecológico es el principal factor de explicación de endemismos en dos especies: por una parte *Q. hintoniorum*, un encino arbustivo que crece asociado a *Q. greggii* en colonias densas con alturas de 0.5 a 1.5 m en la vegetación alpina-subalpina de cimas montañosas, bosque de pino y de oyamel, con distribución restringida a las partes altas de la Sierra Madre Oriental, en la colindancias entre Coahuila y Nuevo León; y por la otra *Q. carmenensis*, localizado en la sierra del Carmen, en cañones con bosque de encino, en altitudes entre 2 500 y 2 700 msnm.

Por lo que se refiere a *Q. gravesii*, *Q. invaginata*, *Q. coahuilensis* y *Q. saltillensis*, presentan distribución discontinua en varias localidades dentro de Coahuila, lo cual implica que ésta debió ser más amplia en épocas pasadas.

En general los encinos se distribuyen desde los bosques templados y tropicales hasta los matorrales de climas secos del hemisferio norte, específicamente en el norte de Europa y África, y del sur de Canadá hasta Colombia, así como en el sur y sureste de Asia (Nixon 1993a, 1997).

Los encinos de México concentran su distribución en las zonas montañosas de todo el país –excepto en la península de Yucatán–, particularmente en aquellas ubicadas en el centro y sur, así como en la Sierra Madre Oriental, donde se encuentra su centro de riqueza o diversidad (Nixon 1993a), de tal forma que 95 % de las especies se distribuyen entre los 1 200 a 2 800 msnm (Rzedowski 2006).

En Coahuila los encinos se ubican en las zonas montañosas con climas templado-subhúmedo, en especial en cañones donde existe mayor humedad relativa y la precipitación pluvial es 400 a 650 mm, en bosques de encino, de pino-encino y de oyamel.

La mayoría de las especies se distribuyen en un intervalo entre 1 500 a 2 700 msnm. Los extremos altitudinales mínimos se presentan en la subprovincia Llanuras de Coahuila y Nuevo León, así como en las estribaciones de la subprovincia Serranía del Burro, donde *Q. fusiformis* y *Q. mohriana* crecen entre 300 a 900 msnm,

mientras que *Q. greggii* y *Q. hintoniorum* se presentan en elevaciones de 3 350 a 3 700 msnm en la sierra de Arteaga, en localidades como La Marta y Las Vigas.

La variación fisiográfica y la presencia de una serie de sierras aisladas en Coahuila es la razón por la cual el número de encinos es relativamente alto. Lo anterior concuerda con Axelrod (1983), quien considera que el género *Quercus* presentó una rápida especiación en eras geológicas pasadas, especialmente en regiones de gran diversidad topográfica.

En Coahuila las especies mejor distribuidas son: *Q. intricata*, *Q. striatula* y *Q. pringlei*, las cuales son de crecimiento arbustivo en laderas con mayor radiación solar, asociadas al matorral submontano, y forman matorrales en el pie de monte de macizos montañosos y cimas de las subprovincias Sierras y Llanuras Coahuilenses, Gran Sierra Plegada, Sierras Transversales y Sierra de la Paila, mientras que *Q. invaginata*, *Q. laceyi* y *Q. gravesii* se distribuyen en las sierras del centro y noroeste de la entidad, en las subprovincias Sierra de la Paila; Sierras y Llanuras Coahuilenses y Serranía del Burro.

Las especies citadas son las que tienen un mayor rango de tolerancia y mejor adaptación a las condiciones ecológicas del territorio coahuilense. Las dos primeras se concentran en zonas montañosas donde se presentan climas secos, mientras que las otras especies son comunes en los bosques de encino con condiciones mésicas –intermedias entre secas y húmedas– (Encina-Domínguez y Villarreal 2002).

Quercus sideroxyla concentra sus poblaciones en la Sierra Madre Occidental, en Durango, Chihuahua y Jalisco (McVaugh 1974). Posiblemente en otras épocas, cuando dominaban los climas templados, extendió su distribución hasta la Sierra Madre Oriental, donde actualmente quedan poblaciones relictas en la sierra del Carmen, subprovincia Sierras y Llanuras Coahuilenses, una población aislada en la sierra de Arteaga, subprovincia Gran Sierra Plegada, y sierras del centro-sur de Nuevo León y noreste de San Luis Potosí.

De igual manera otras especies presentan poblaciones aisladas a través del estado, como *Q. muehlenbergii*, *Q. greggii*, *Q. saltillensis*, *Q. coahuilensis*, *Q. gambelii*, *Q. fusiformis*, *Q. laeta* y *Q. rugosa*.

La mayor cantidad de especies se presenta en las sierras ubicadas en el centro y noroeste del estado, en la subprovincia Sierras y Llanuras Coahuilenses, específicamente en la sierra de La Madera, con 13 especies, y la sierra del Carmen, con 16, así como en el sureste de la entidad, en la subprovincia Gran Sierra Plegada, en las sierras de Arteaga, con 11 especies, y de Zapalinamé, con 12 tipos de encino.

Las montañas que forman parte de la Sierra Madre Oriental sirven de puente para que especies endémicas de México, con distribución en el centro del país y del sur de la Sierra Madre Oriental, confluyan hacia la subprovincia Gran Sierra Plegada. Las especies con distribución predominante en Estados Unidos, así como en el norte de la Sierra Madre Occidental, llegan hasta la sierra del Carmen, en Coahuila, a través de las montañas Trans-Pecos, ubicadas en Texas.

La confluencia de especies características de estas cadenas montañosas ubicadas en provincias florísticas diferentes, aunada a los endemismos locales, aumenta el número de encinos presentes en Coahuila (Encina-Domínguez y Villarreal 2002).

Las especies más comunes en los bosques de encino son *Q. laceyi* y *Q. gravesii*. Es frecuente encontrarlas asociadas en cañones de las sierras del centro, norte y noroeste del estado, en las subprovincias Sierras y Llanuras Coahuilenses y Sierra de la Paila.

Los bosques de oyamel y la vegetación subalpina de la subprovincia Gran Sierra Plegada presentan individuos de *Q. greggii* y *Q. hintoniorum*. Los encinos propios del matorral submontano,

así como de las transiciones con comunidades de matorral rosetófilo y el bosque de pino piñonero, son: *Q. pringlei*, *Q. intricata*, *Q. striatula* y *Q. invaginata*; mientras que *Q. fusiformis* es el único encino presente en el noreste del estado, en las subprovincias Llanuras de Coahuila y Nuevo León y Serranía del Burro.

Importancia

Los encinos poseen importancia económica por sus usos actuales –leña, carbón y, a veces, madera– y potenciales –obtención de celulosa, aprovechamiento de frutos, para fines de reforestación y como plantas de ornato–, por lo que son uno de los grupos de mayor importancia económica en el hemisferio norte (Zavala 1995). En general la madera de encino ha sido poco valorada en México, debido a que no existe tecnología para aserrío y secado de la misma.

En Coahuila las especies son aprovechadas por la población local para obtener leña y madera para construcción, asi como para elaborar herramientas manuales como mangos de hachas y talachos, en la mayoría de las regiones donde se presenta. En el noreste del estado se elabora carbón con los arboles jóvenes de *Q. fusiformis*, cuyos bosques son utilizados para realizar pastoreo de ganado bovino. Además los encinos son aprovechados por la fauna silvestre para ramoneo de rebrotes y hojas, y los frutos o bellotas son consumidos por osos, roedores en general y algunas especies de aves.

Situación y estado de conservación

Por su ubicación en lugares inaccesibles, en general los bosques de encino han sido poco afectados por la influencia humana, y su superficie ha disminuido en la subprovincia Serranía del Burro debido a los incendios forestales; por su parte, se han eliminado algunas zonas de bosque de encino ubicadas en la subprovincia Llanuras de Coahuila y Nuevo León, para establecer áreas agrícolas y por la actividad minera.

En contraparte, actualmente se conservan bosques donde se protegen especies de *Quercus* que se presentan en las áreas naturales protegidas (ANP) a nivel federal y estatal, como son las sierras Maderas del Carmen, de Zapalinamé y de Arteaga.

Amenazas

En el estado, el cambio de uso del suelo es la principal amenaza a los bosques de encino y las especies del género *Quercus*; debido a esto en la subprovincia de Llanuras de Coahuila y Nuevo León se han afectado bosques de encino de *Q. fusiformis*, como resultado de las acciones para aprovechamiento de carbón mineral y el establecimiento de áreas agrícolas.

Además de lo anterior, el pastoreo desordenado que se realiza en esta vegetación limita el establecimiento de las plántulas y renuevos de las especies arbóreas, y los incendios forestales son una amenaza latente que ha afectado encinares en la subprovincia de Serranía del Burro, además de que las sequías ocurridas en los últimos años han desencadenado, en algunas regiones, plagas a través de infestaciones de muérdago (*Phoradendron* spp.) que afectan las plantas, debido a que son parásitas que absoren nutrientes, y lo anterior se suma a la presencia de enfermedades.

Conclusión

Los bosques de encino son comunidades que brindan variados servicios ambientales, entre ellos la recarga de acuíferos y la captura de carbono; además albergan especies vegetales y brindan hábitat para la fauna silvestre, por lo cual se deberá garantizar su conservación.

Las sierras Maderas del Carmen, de Zapalinamé y de Arteaga son áreas protegidas que albergan mayor riqueza y endemismos de encinos, por lo cual, para lograr la protección de las especies, se deberá establecer un programa de manejo, a través de colectar germoplasma para producción de planta en vivero y realizar la restauración de áreas de esta comunidad vegetal que hayan sido impactadas por la influencia humana. En zonas donde se tiene infestación de muérdago, se deberán realizar podas fitosanitarias para eliminación de esta plaga, a fin de fomentar la permanencia de las especies.

De igual forma es necesario realizar el manejo del pastoreo de ganado doméstico en estos bosques, con el objetivo de favorecer la repoblación de las especies.

Los bosques de encino de las Llanuras de Coahuila y Nuevo León, dominados por *Q. fusiformis*, constituyen los relictos de encinares más extensos y antiguos, por lo cual se deberá implementar un programa de conservación en el estado para la protección de la especie, de la comunidad vegetal y de las especies de flora y fauna que habitan en los bosques que conforma.

Referencias

Axelrod, D.I. 1983. Biogeography of oaks in the Arcto-Tertiary Province. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 70:629-657.

Encina-Domínguez, J.A. y J.A. Villarreal. 2002. Distribución y aspectos ecológicos del género *Quercus* (Fagaceae), en el estado de Coahuila, México. *Polibotánica* 13:1-23.

Grant, V. 1989. *Especiación vegetal.* Editorial Limusa, México.

McVaugh, R. 1974. Fagaceae. Flora Novo-Galiciana. *Contributions from the University of Michigan Herbarium* 12(3):1-93.

Nixon, K. 1993a. Infrageneric classification of *Quercus* (Fagaceae) and typification of sectional names. *Annals of Forest Science* 50:25-34.

——. 1993b. The genus *Quercus* in Mexico. En: *Biological diversity of Mexico: origins and distribution*. T.P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa (eds.). Oxford University Press, Nueva York, pp. 447-458.

——. 1997. *Flora of North America and north of Mexico.* Vol. 3: i-xxiii. Fagaceae. Oxford University Press, Nueva York, pp. 1-590.

Rzedowski, J. 2006. Vegetación de México. 1ª edición digital. conabio, México.

Valencia, S. 2004. Diversidad del género *Quercus* (Fagaceae) en México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 75:33-53.

Villarreal, J.Á., J.A Encina-Domínguez y M.A. Carranza P. 2008. Los encinos *Quercus* (Fagaceae) del estado de Coahuila. *Journal of the Botanical Research Institute of Texas* 2(2):1235-1278.

Zavala, F. 1995. *Encinos hidalguenses.* Universidad Autónoma de Chapingo, Estado de México.

Gimnospermas: pinos, cedros y otras coníferas

Juan Antonio Encina Domínguez y José Ángel Villarreal Quintanilla

Descripción

Las gimnospermas son árboles y arbustos siempre verdes, leñosos, generalmente resinosos. Poseen hojas simples o pinnado compuestas como en las cicadáceas, dispuestas en forma de hélice, alternas u opuestas. A veces están reducidas a escamas (*Cupressus*, *Ephedra* y *Juniperus*), con forma de agujas (aciculares) agrupadas en estructuras llamadas fascículos (*Pinus*) rodeados por una vaina o lanceoladas.

Principalmente son monoicas, es decir, plantas con flores masculinas y femeninas en la misma planta pero en diferente posición, y rara vez dioicas, en las que están por separado las hembras y los machos. Los conos (estrobilos) masculinos tienen sacos polínicos pedicelados, y los conos femeninos presentan uno, dos o más óvulos desnudos por escama (figuras 1 y 2). Los frutos forman grupos (infrutescencias) estrobiliformes, leñosas o carnosas; las semillas pueden ser aladas, con ala rudimentaria o sin ala (Medina y Dávila 1997).



Figura 1. Conos femeninos de sabino o ahuehuete (*Taxodium mucronatum*). Foto: Juan A. Encina.

Diversidad y distribución

La riqueza de gimnospermas en el mundo incluye poco más de mil especies, pertenecientes a 81 géneros y 16 familias (Medina y Dávila 1997). En México este grupo se compone de siete familias, 19 géneros y cerca de 144 especies (arbóreas y arbustivas), lo cual representa 14.4% del total mundial (Villarreal y Estrada 2014),

Encina-Domínguez, J.A. y J.Á. Villarreal-Quintanilla. 2018. Gimnospermas: pinos, cedros y otras coníferas. En: *La biodiversidad en Coahuila. Estudio de Estado*, vol. II. CONABIO/Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza, México, pp. 191-198.



Figura 2. Conos femeninos de ciprés (*Juniperus deppeana*). Foto: Juan A. Encina.

así como aproximadamente 0.5% de las 22 800 especies de plantas vasculares estimadas para el país (Rzedowski 1991).

El género con mayor riqueza de especies es *Pinus* con 49, de las cuales 22 son endémicas de México (Gernandt y Pérez-de la Rosa 2014). Farjon (2001) reconoce 109 especies de *Pinus* en el mundo, de las cuales 44 (40%) se encuentran en México, por lo que es considerado el país con la mayor riqueza de pinos (Farjon 1996).

En México se presentan 86 especies arbóreas de gimnospermas (33 endémicas; Ricker y Hernández 2010), las cuales tienen amplia distribución en regiones montañosas con clima templado y templado frío en la Sierra Madre Oriental y en la Occidental, el Eje Volcánico Transversal y la Sierra Madre del Sur, aunque también hay representantes en las zonas tropicales y las zonas áridas del centro y norte del país (Rzedowski 2006).

Algunos géneros de gimnospermas presentes en México, como *Picea, Pseudotsuga, Abies* y *Pinus*, tienen amplia distribución en el hemisferio norte, mientras que otros, como *Podocarpus*, poseen una mayor diversidad de especies en el hemisferio sur. Los géneros *Dioon* y *Ceratozamia* están casi restringidos a México, con una o dos especies en América Central. Por su parte las especies arbustivas del género *Ephedra* tienen amplia distribución en los matorrales xerófilos de las zonas desérticas de América del Norte.

En Coahuila se presentan 39 especies de gimnospermas repartidas en 11 géneros, de las cuales siete son exóticas/invasoras, y de éstas, cinco son variedades y dos son subespecies (Villarreal 2001, Villarreal y Estrada 2014; apéndice 12). El género *Pinus* tiene la mayor riqueza con 14 especies, le sigue el género *Juniperus* con nueve, *Ephedra* con cinco, *Cupressus* con tres, *Abies* con dos y los seis restantes con una sola especie.

La región con la mayor riqueza es el sureste del estado, con 29 especies, la mayoría de las cuales concentran sus poblaciones en la sierra de Arteaga –subprovincia Gran Sierra Plegada–. Los pinos con mayor distribución en el estado son los pinos piñoneros (*P. cembroides* y *P. remota*; figura 3), que se presentan en la mayoría de las sierras y, a partir de 2 000 m de altitud, forman bosques densos.

El pinabete o pino azul (*P. pinceana*; figura 4), notable por su copa redondeada verde grisáceo, se distribuye en el sureste y en el centro del estado, en las subprovincias Gran Sierra Plegada y Sierras Transversales, y en una población al sur de la subprovincia Sierras y Llanuras Coahuilenses, donde crece de forma aislada en el matorral submontano y rosetófilo en suelos Litosol y en laderas con exposición sur.

En laderas altas de la mayoría de las sierras del centro y norte del estado –subprovincia Sierras y Llanuras Coahuilenses– se presentan bosques aislados de *P. arizonica* var. *stormiae*. Además coníferas como *P. greggii*, *P. hartwegii* (figura 5) y *P. teocote* (figura 6) se presentan en bosques con superficie reducida en las sierras de Arteaga y de Zapalinamé –subprovincia Gran Sierra Plegada–, en altitudes superiores a los 2 500 msnm.

Por su parte el pino enano (*P. culminicola*) forma un matorral denso de hasta 2.5 m de altura en altitudes superiores a los 3 000 msnm en

la sierra de Arteaga –subprovincia Gran Sierra Plegada–, en las localidades de El Coahuilón, La Marta y La Viga.

La especie más frecuente del género *Cupressus* es el cedro (*C. arizonica*). Tiene una distribución restringida a cañones con abundante humedad en las partes altas de las sierras del Carmen –subprovincia Sierras y Llanuras Coahuilenses–, de Arteaga y de Zapalinamé, asociada con el oyamel (*Pseudotsuga menziesii* var. *glauca*; figura 7).

Para el género *Juniperus* la especie más común en el estado es el táscate (*J. flaccida*), frecuente en bosques secos de las sierras del Carmen, de Parras y Concordia –Sierras Transversales– y de Zapalinamé –subprovincia Gran Sierra Plegada–. Otra especie común es el cedro (*J. coahuilensis*; figura 8), que es arbustiva y se asocia a bosques de pino del norte y sur del estado. En matorrales y bosques de pino de las sierras del sur de la entidad es común *J. saltillensis* (figura 9), que se asocia a *Pinus cembroides*. Por su parte *J. ashei* y *J. scopulorum* sólo se presentan en bosques de las sierras del norte del estado, en los municipios de Acuña, Ocampo y Zaragoza.

Para el género *Abies* la especie más común es *A. vejarii*, la cual forma comunidades de bosques de oyamel junto con *Pseudotsuga menziesii* var. *glauca* y, en ocasiones, con *Pinus strobiformis*. Éstas se distribuyen en altitudes superiores a los 2 800 m en las sierras de Arteaga, de Zapalinamé y Concordia, en el sureste del estado; mientras que *A. durangensis* var. *coahuilensis* sólo se presenta de forma escasa en la sierra de La Madera, municipio de Cuatro Ciénegas, y en la sierra del Carmen, al norte de la entidad.

El sabino o ahuehuete (*Taxodium mucronatum*) forma parte dominante de la vegetación asociada a cuerpos de agua (riparia) en el río Sabinas (Villarreal *et al.* 2006), en los municipios de Sabinas y Múzquiz, en el centro del estado. Se trata de árboles con alturas de hasta 20 m y troncos que pueden alcanzar los 90 cm de diámetro (figura 10), que en ocasiones se asocian a especies



Figura 3. Pino azul (*Pinus pinceana*) en la sierra de Zapalinamé. Foto: Juan A. Encina.



Figura 4. Pino piñonero (*Pinus cembroides*) en la sierra de Zapalinamé. Foto: Juan A. Encina.



Figura 5. Pino (*Pinus hartwegii*) en la sierra de Arteaga. Foto: Juan A. Encina.

a



b



Figura 6. a) Pino (*Pinus teocote*) en la sierra de Arteaga; b) se muestran las estructuras reproductivas femeninas (piñas o conos). Foto: Juan A. Encina.



Figura 7. Oyamel (*Pseudotsuga menziesii*). Foto: Juan A. Encina.

como *Celtis laevigata*, *Morus celtidifolia* y *Carya illinoinensis*. Ricker y Hernández (2010) mencionan que los árboles de *T. mucronatum* alcanzan edades de hasta casi 2 mil años, y por ello son las especies arbóreas más longevas en México.

En los matorrales de zonas áridas se presentan especies del género *Ephedra*. La especie más común en el estado es el popotillo áspero (*E. aspera*), que se distribuye al noroeste, centro-sur y suroeste en zonas con matorral desértico rosetófilo y matorral submontano, por lo que está presente en siete de las 11 subprovincias (apéndice 12). El popotillo enano (*E. compacta*; figura 11) se presenta en el zacatal y matorral halófilo de las subprovincias Pliegues Saltillo-Parras, Sierras Transversales y Llanuras y Sierras Volcánicas.

Por su parte el popotillo (*E. pedunculata*) es frecuente en el matorral tamaulipeco. Se presentan además *E. antisyphilitica* y *E. trifurca* en los matorrales rosetófilo y submontano (Villanueva-Almanza y Fonseca 2011). Se trata de especies que no dominan en la fisonomía de la vegetación, y son componentes poco abundantes en comunidades del matorral xerófilo del estado.

En Coahuila se han introducido varias especies de gimnospermas originarias de otros países, con fines ornamentales y en programas de reforestación.

Las especies más comunes son el pino halepo (*P. halepensis*), el pino de Calabria (*P. eldarica*) y el ciprés (*Cupressus sempervirens*), que son originarias de la costa del mar Mediterráneo. La primera especie es cultivada en el sureste del estado desde 1960 (Oviedo 1980), fue introducida al noreste de México en 1950 y se caracteriza por ser resistente a sequías, pues sobrevive con 150 mm de lluvia al año, y crece bien en suelos con materia orgánica escasa (Fady *et al.* 2003), de forma que la plantación más destacada de pino halepo en Coahuila se ubica en la sierra de Zapalinamé, en suelos someros, calcáreos y con pendiente ligera (Marroquín 1976).

Asimismo en la sierra de Arteaga se estableció una plantación de *P. silvestris,* especie originaria del norte de Eurasia. Finalmente, en las principales ciudades del estado, se utilizan especies con fines ornamentales en parques, jardines y cementerios, tales como la tuya (*Thuja occidentalis)* y el pino pincel o ciprés (*C. sempervirens*); además, en la ciudad de Saltillo, se tienen algunos árboles de *Cedrus libani* y *Larix decidua*, pero son poco frecuentes.

Endemismos y estado de conservación

Como especies endémicas para Coahuila y estados adyacentes, Villarreal y Encina-Domínguez (2005) reportan a las coníferas *A. durangensis* var. *coahuilensis*, *A. vejarii* subsp. *mexicana*, *Picea engelmannii* var. *mexicana* y *Pinus culminicola*.

Algunas especies de coníferas raras en el estado son: *A. durangensis* var. *coahuilensis* –con distribución en la sierra de La Madera y en la sierra Maderas del Carmen, en la subprovincia



Figura 8. Táscate de Coahuila (*Juniperus coahuilensis*). Foto: Juan A. Encina.



Figura 9. Táscate de Saltillo (*Juniperus saltillensis*). Foto: Juan A. Encina.



Figura 10. Ahuehuetes (*Taxodium mucronatum*) en el río Sabinas. Fotos: Juan A. Encina.

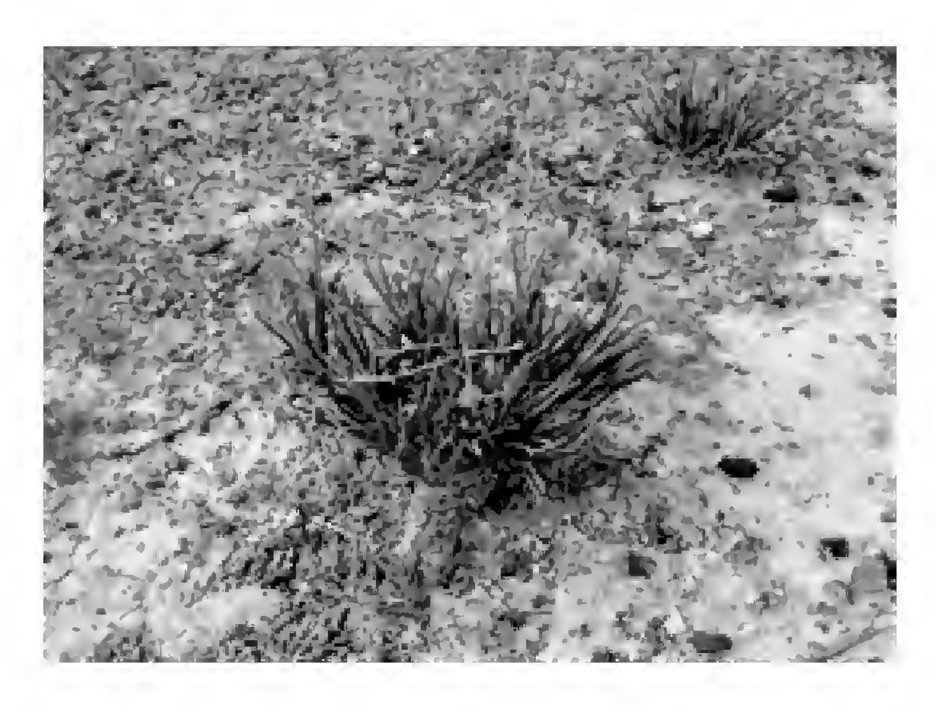


Figura 11. Popotillo enano (*Ephedra compacta*). Foto: Juan A. Encina.

Sierras y Llanuras Coahuilenses–, *A. vejarii* subsp. *mexicana*, *Cupressus lusitanica* var. *benthamii*, *Picea engelmannii* var. *mexicana* y *Pinus montezumae* –que se encuentran en la sierra de Arteaga, subprovincia Gran Sierra Plegada–, ya que tales especies presentan poblaciones escasas, algunas de ellas a punto de desaparecer localmente.

En una situación similar se encuentra *A. vejarii* subsp. *mexicana,* que es poco abundante en los bosques de oyamel y se restringe a una localidad en el cañón de Jame, en la sierra de Arteaga.

Algunas pináceas que están listadas bajo estatus de conservación en la NOM-059-SEMARNAT-2010 son *P. pinceana*, *P. culminicola* y *Picea engelmannii* subsp. *mexicana,* bajo la categoría en peligro de extinción. Igualmente seis especies y cuatro variedades están bajo alguna categoría de protección en la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN 2014; cuadro 1).

Cuadro 1. Especies de pinos enlistadas bajo alguna categoría de protección.

Especie	NOM-059	UICN
Abies durangensis var. *coahuilensis*	–	VU
A. vejarii subsp. *mexicana*	A	VU
A. vejarii	A	–
Cedrus libani	–	VU
Cupressus lusitanica var. *benthamii*	–	NT
Juniperus angosturana	–	VU
J. monticola	Pr	LC
J. saltillensis		EN
Picea engelmannii subsp. *mexicana*	P	EN
Pinus arizonica var. *stormiae*	–	VU
P. culminicola	P	EN
P. greggii	–	VU
P. pinceana	P	LC
P. remota	Pr	LC
P. strobiformis	Pr	LC
Pseudotsuga menziesii var. *glauca*	Pr	–

NOM-059. A: amenazada; P: en peligro de extinción; Pr: sujeta a protección especial.
UICN. EN: en peligro (endangered); NT: casi amenazada (near threatened); LC: preocupación menor (least concern); VU: vulnerable (vulnerable). Las especies con sólo la categoría de LC pueden consultarse en el apéndice 12. Fuente: elaboración propia con información de SEMARNAT 2010, UICN 2014.

Importancia y principales amenazas

El principal uso de las gimnospermas en Coahuila es la obtención de madera en rollo para construcción, además de leña, árboles de Navidad y piñones, actividades que impactan la estructura y composición de las comunidades boscosas, ya que en la mayoría de los casos se realizan sin un manejo adecuado. Es importante considerar que el valor más grande de los bosques es el de los servicios ambientales que prestan, como recarga de acuíferos, retención del suelo y hábitat para especies de fauna silvestre.

Además del pastoreo, los incendios forestales y la sequía son las causas principales de pérdida de las zonas boscosas en el estado. Su mayor frecuencia en tiempos recientes disminuye el vigor y hace más susceptibles a las especies frente al ataque de plagas y enfermedades, lo que ocasiona su mortalidad y, con ello, la reducción de los bosques en la entidad.

Conclusión

Los géneros *Pinus* y *Juniperus* son los que poseen mayor riqueza de especies de gimnospermas en Coahuila, mientras que el género *Ephedra* agrupa cinco de las ocho especies presentes en México.

El principal centro de diversidad de coníferas es la subprovincia Gran Sierra Plegada, específicamente la sierra de Arteaga y la sierra Maderas del Carmen, que albergan la mayor riqueza de especies, pero algunas como *Picea engelmannii* subsp. *mexicana* (figura 12) y *Pinus culminicola* están a punto de desaparecer localmente, debido a la poca superficie que ocupan sus poblaciones. Por lo anterior es urgente implementar medidas que garanticen su protección, ya que hasta ahora su inclusión en la norma mexicana (SEMARNAT 2010) no ha sido suficiente.

Puesto que los bosques de coníferas son la vegetación más vulnerable, es necesario implementar programas de restauración y conservación de las comunidades remanentes, como los que se llevan a cabo con los bosques de coníferas en las sierras Maderas del Carmen, de Zapalinamé y de Arteaga, donde se encuentran protegidos de talas clandestinas y aprovechamientos.



Figura 12. Abeto (*Picea engelmannii* subsp. *mexicana*). Foto: Juan A. Encina.

Sin embargo, aun dentro de estas áreas protegidas, estos bosques han disminuído su superficie debido a la influencia humana, por incendios forestales, pastoreo y cambio de uso del suelo, lo cual se conjunta con eventos naturales como sequías, plagas y enfermedades, en especial en el caso del bosque de oyamel, donde especies como *Abies vejarii* y *Pseudotsuga menziesii* var. *glauca* han resultado particularmente afectadas.

Por otro lado, en áreas plagadas, es necesario aplicar programas de saneamiento para evitar la dispersión de plagas al arbolado sano. Se deberá realizar la restauración de las áreas impactadas del bosque de coníferas y, de esta forma, evitar procesos de degradación.

Referencias

Farjon, A. 1996. Biodiversity of *Pinus* (Pinaceae) in Mexico: speciation and palaeo-endemism. *Botanical Journal of the Linnean Society* 121:365-384.

——. 2001. *World checklist and bibliography of conifers*. The Royal Botanic Gardens, Reino Unido.

Fady, B., H. Semerci y G. Vendramin G. 2003. *Technical guidelines for genetic conservation and use for Aleppo pine (Pinus halepensis) and Brutia pine (Pinus brutia)*. International Plant Genetic Resources Institute. Roma.

Gernandt, D.S. y J.A. Pérez-de la Rosa. 2014. Biodiversidad de Pinophyta (coníferas) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* Supl. 85:126-133.

Marroquín, J.S. 1976. Vegetación y florística del noreste de México. I. Aspectos sinecológicos en Coahuila. *Revista de la Sociedad Méxicana de Historia Natural* 36:69-101.

Medina, L.R. y P. Dávila A. 1997. *Flora del valle de Tehuacán Cuicatlán. Fascículo 12 Gymnospermae Lindl.* Instituto de Biología-UNAM, México.

Oviedo, J.L. 1980. *Inventario de las alternativas de transformación de especies forestales de la sierra de Zapalinamé.* Tesis de licenciatura. UAAAN, Coahuila.

Ricker, M. y H.M. Hernández. 2010. Tree and tree-like species of Mexico: gymnosperms, monocotyledons and tree ferns. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 81:27-38.

Rzedowski, J. 1991. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. *Acta Botanica Mexicana* 14:3-21.

——. 2006. *Vegetación de México.* 1ª edición digital. CONABIO, México.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el DOF. Texto vigente.

UICN. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. 2014. IUCN Red list of threatened plants. En: <*http://www.iucnredlist.org/*>, última consulta: 7 de diciembre de 2014.

Villanueva-Almanza, L. y R.M. Fonseca. 2011. Revisión taxonómica y distribución geográfica de *Ephedra* (Ephedraceae) en México. *Acta Botanica Mexicana* 96:79-116.

Villarreal, J.Á. 2001. *Flora de Coahuila.* Listados florísticos de México. Instituto de Biología-UNAM, México.

Villarreal, J.A., M.A. Carranza P., E. Estrada C. y A. Rodríguez G. 2006. Flora riparia de los ríos Sabinas y San Rodrigo, Coahuila, México. *Acta Botanica Mexicana* 75:1-20.

Villarreal, J.A. y J.A. Encina-Domínguez. 2005. Plantas vasculares endémicas de Coahuila y algunas áreas adyacentes, México. *Acta Botanica Mexicana* 70:1-46.

Villarreal, J.Á. y E. Estrada C. 2014. *Claves para determinar gimnospermas en México (nativas e introducidas).* UAAAN, Coahuila.

Plantas endémicas y listadas en categorías de protección

José Ángel Villarreal Quintanilla y Juan Antonio Encina Domínguez

Introducción

México es reconocido como un país con alta biodiversidad (Gómez-Pompa *et al.* 1994). De acuerdo con Rzedowski (1991a), la flora fanerogámica endémica del país se estima en 9 300 especies, mientras que para el concepto ampliado de Megaméxico 3[1] se calcula en 12 900 especies, lo que implica aproximadamente 52 y 72% del total de la misma, respectivamente. Los endemismos, en particular a nivel de especie, son frecuentes sobre todo en regiones templadas y subhúmedas, así como en zonas áridas y semiáridas (Rzedowski 1991b, Villarreal y Encina-Domínguez 2005).

Una especie es endémica a un área cuando todas sus poblaciones presentan distribución restringida a la misma, la cual puede variar en extensión. Cabe mencionar que, a pesar de que la distribución de los organismos no necesariamente coincide con las entidades administrativas, cuando se trata de diseñar áreas protegidas para salvaguardar grupos importantes, como las especies endémicas, por lo general las medidas de conservación se circunscriben a delimitaciones políticas, más que a regiones ecológicas (Villaseñor *et al.* 1998).

En Coahuila el aislamiento de numerosos sistemas montañosos o enclaves orográficos, así como la presencia de cuencas endorréicas donde se registran condiciones edáficas especiales, contribuyen a incrementar el número de especies de distribución restringida (Villarreal *et al.* 1996). Johnston (1941) y Rzedowski (1991a) señalan que entre los endemismos edáficos, es decir, de especies restringidas a determinado tipo de suelo, destacan las gipsófitas, que son plantas propias de suelos yesosos, con una historia evolutiva antigua y con frecuencia concentradas en áreas que han funcionado como refugios durante épocas de clima cambiante del Terciario y Cuaternario.

La mayor parte del territorio coahuilense está incluida en el Desierto Chihuahuense y, de acuerdo con Henrickson y Johnston (1997), contribuye más que cualquier otro estado al número de especies endémicas para esta zona árida.

[1] Incluye a México, además de las zonas áridas del sur de los Estados Unidos de América y el territorio Centroamericano hasta el norte de Nicaragua.

Villarreal-Quintanilla, J.Á. y J.A. Encina-Domínguez. 2018. Plantas endémicas y listadas en categorías de protección. En: *La biodiversidad en Coahuila. Estudio de Estado*, vol. II. CONABIO/Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza, México, pp. 199-204.

Endemismos y especies protegidas

La riqueza de plantas vasculares endémicas para Coahuila y algunas áreas adyacentes consiste de 350 especies y grupos infraespecíficos, lo cual representa 11.2% del total de la flora nativa estimada para el estado. De acuerdo con Villarreal y Encina-Domínguez (2005), el elemento endémico en la región está repartido en 50 familias, que representan 34% del total, y nueve familias incluyen más de 10 especies y grupos infraespecíficos de distribución restringida (cuadro 1); algunos ejemplos de estas especies endémicas son: *Hymenopappus hintoniorum* (figura 1), *Mimosa unipinnata* (figura 2), *Prunus cercocarpifolia* (figura 3) y *Yucca coahuilensis* (figura 4).

Los géneros con representantes endémicos son 162 (17.5% del total) y tres son de distribución restringida a la región: *Henricksonia*, *Marshalljohnstonia* y *Strotheria*. Los géneros que presentan mayor número de especies y grupos infraespecíficos endémicos para Coahuila son: *Mammillaria* (4), *Coryphantha* (1), *Nama* (9) y *Crataegus* (8), mientras que los géneros *Brickellia*, *Opuntia* y *Quercus* (figura 5) tienen siete cada uno.

Entre las regiones con el mayor número de endemismos destacan Cuatro Ciénegas (58 especies y grupos infraespecíficos endémicos) y las sierras del Carmen y Santa Rosa (46); otras regiones con menor número de especies son: sierra de la Gavia (16) y Lagunas el Rey (12); por lo anterior, las subprovincias Sierras y Llanuras Coahuilenses y Sierra de la Paila destacan por la mayor riqueza de endemismos, seguidas por Sierras Transversales (cuadro 2).

En la porción que corresponde al Desierto Chihuahuense en Coahuila se localiza un importante centro de diversidad de la tribu Heliantheae (Asteraceae) para México, con 19 especies endémicas distribuidas principalmente en las cuencas endorréicas del centro y de la Sierra Madre Oriental en el sureste del estado (Villaseñor 1991).

Los matorrales micrófilo y rosetófilo son los tipos de vegetación con el mayor número de endemismos (140 especies y grupos infraespecíficos), seguidos en importancia por el matorral submontano (82), el bosque de pino-encino (58)

Cuadro 1. Familias con mayor número de especies y grupos infraespecíficos endémicos de Coahuila.

Familia	Número de endemismos	Ejemplos
Asteraceae	75	*Hymenopappus hintoniorum*
Cactaceae	48	*Opuntia anteojoensis*
Lamiaceae	19	*Scutellaria carmenensis*
Fabaceae	17	*Mimosa unipinnata*
Brassicaceae	15	*Lesquerella johnstonii*
Boraginaceae	12	*Nama cuatrocienegense*
Asparagaceae	12	*Yucca coahuilensis*
Rosaceae	11	*Prunus cercocarpifolia*
Acanthaceae	10	*Ruellia jimulcensis*

Fuente: Villarreal y Encina-Domínguez 2005.



Figura 1. *Hymenopappus hintoniorum* (Asteraceae), especie frecuente en El Coahuilón, municipio de Arteaga. Foto: Juan A. Encina.



Figura 2. Gatuño de Coahuila (*Mimosa unipinnata*, Fabaceae), especie rara para el centro del estado. Foto: Juan A. Encina.



Figura 4. Palmito de Coahuila (*Yucca coahuilensis*, Asparagaceae) en crecimiento dentro de matorral tamaulipeco en el municipio de Nava, al norte del estado. Foto: Juan A. Encina

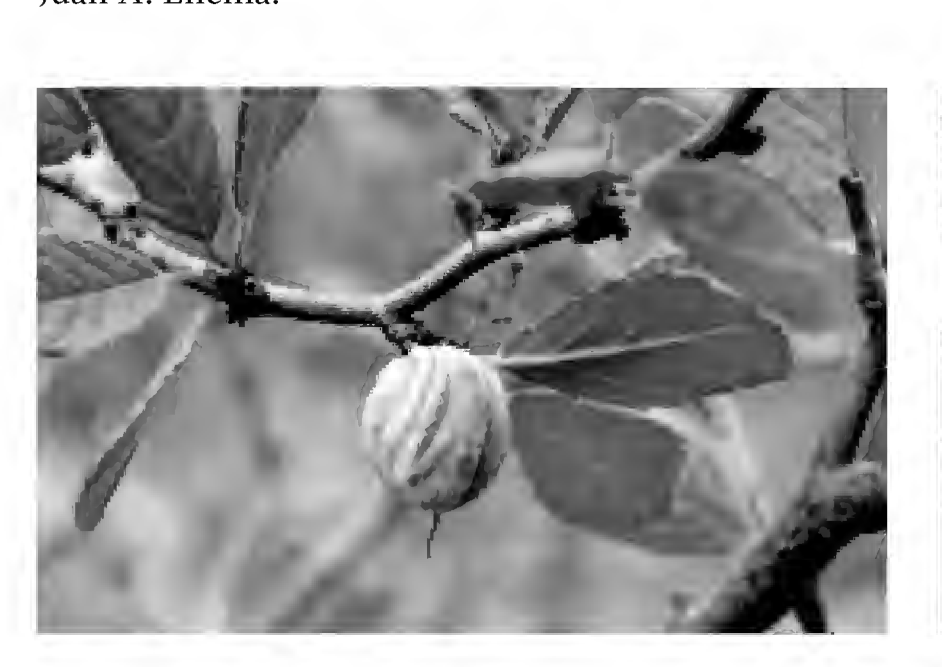


Figura 3. Duraznillo (*Prunus cercocarpifolia*, Rosaceae) en bosque de pino de la sierra de Zapalinamé. Foto: Juan A. Encina



Figura 5. Encino de Coahuila (*Quercus invaginata*) en bosque de encino, en la sierra Pájaros Azules, en el centro del estado. Foto: Juan A. Encina.

Cuadro 2. Distribución de los endemismos en el estado.

Subprovincia fisiográfica	Comarca	Número de endemismos (especies y grupos infraespecíficos)
Sierras y Llanuras Coahuilenses	Cuatro Ciénegas	58
	Sierras del Carmen y Santa Rosa	46
	Sierra de La Madera	24
	Sierra de la Gavia	16
Sierra de la Paila	Sierra de la Paila	40
	Sierra de las Delicias	17
	Lagunas del Rey	12
Sierras Transversales	Sierra de Parras	33
	Sierras de Jimulco y El Rosario	30
Gran Sierra Plegada	Sierra Madre Oriental	30

Fuente: Villarreal y Encina-Domínguez 2005.

y el matorral halófilo-gipsófilo (53), así como el bosque de encino (28) y el bosque de pino (19).

Aunque tanto el valle de Cuatro Ciénegas como la sierra del Carmen (en el norte del estado) son áreas protegidas, sus planes de manejo deberán reforzarse para garantizar la permanencia de su riqueza florística. Las demás áreas que destacan por su riqueza de endemismos, merecen ser consideradas en estrategias de conservación de la biodiversidad.

Situación de conservación de especies

Las especies de plantas incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) con distribución en Coahuila suman 33 (cuatro infraespecies). Las que se encuentran enlistadas en la norma mexicana (SEMARNAT 2010) son principalmente cactáceas y agaváceas y suman 30 especies; mientras que en la Lista Roja de la UICN (2014) se tienen listadas 23 especies, con predominio de cactáceas y pináceas (cuadro 3).

La máxima concentración (21 especies) de cactáceas amenazadas se encuentra dentro de la porción que comprende el Desierto Chihuahuense en Coahuila (Hernández y Godínez 1994), seguido de localidades como: Cuatro Ciénegas (ocho), en las subprovincias Sierras y Llanuras Coahuilenses, y Sierra de la Paila (seis).

También son importantes por su concentración de endemismos: el municipio de San Pedro (seis), en las subprovincias Sierra de la Paila, Laguna de Mayrán y Del Bolsón de Mapimí; el municipio de Viesca (seis), en las subprovincias Laguna de Mayrán, Del Bolsón de Mapimí y Sierras Transversales; y el sector ubicado entre Saltillo y Monterrey (cuatro), en las subprovincias Pliegue Saltillo-Parras y Gran Sierra Plegada.

Las superficies naturales protegidas bajo la categoría de áreas de protección de flora y fauna de Sierra Maderas del Carmen y Cuatrociénegas, que incluyen las sierras de La Madera y San Marcos, albergan en conjunto 108 especies, lo que representa sólo 30.1% del total de las plantas endémicas. La sierra de La Paila adiciona 21 especies (6%),

Cuadro 3. Especies de plantas endémicas de Coahuila y listadas bajo protección oficial NOM-059-SEMARNAT-2010 y UICN.

Grupo	Familia	Especie	Nombre común	NOM-059	UICN
Angiospermas	Agavaceae	*Agave bracteosa*	Maguey huasteco	A	–
		A. parrasana	Maguey de Parras	Pr	–
		A. victoriae-reginae	Noa	P	–
		Yucca endlichiana	Izote pitilla	Pr	–
	Frankeniaceae	*Frankenia johnstonii*	–	P	–
		F. margaritae	–	A	–
	Rubiaceae	*Galium carmenicola*	–	Pr	–
	Fouquieriaceae	*Fouquieria shrevei*	Ocotillo enano	Pr	–
	Cactaceae	*Acharagma aguirreanum*	Biznaga Escobar de Aguirre	–	CR
		Astrophytum capricorne	Biznaga algodoncillo de estropajo	A	LC
		A. myriostigma	Bonete o birrete de obispo	A	VU
		Coryphantha durangensis	Biznaga partida de Durango	Pr	LC
		C. pseudoechinus	Biznaga partida de falsas espinas	Pr	LC
		C. werdermannii	Biznaga partida amacollada	P	LC
		Echinocereus longisetus	Órgano pequeño de cerdas largas	–	LC
		E. nivosus	Órgano pequeño blanco	Pr	CR
		Echinomastus mariposensis	Biznaga mariposa	A	LC
		Epithelantha micromeris subsp. *bokei*	Biznaga blanca de Boquillas	A	LC
		E. micromeris	–	–	LC
		Escobaria laredoi	–	Pr	DD
		Mammillaria carretii	Biznaga de Icamole	Pr	VU
		M. coahuilensis	Biznaga de Coahuila	A	EN
		M. grusonii	Biznaga de la Sierra Bola	Pr	LC
		M. lenta	Biznaga de Viesca	A	LC
		M. pennispinosa	Biznaga de espinas plumosas	Pr	CR
		M. stella-de-tacubaya	Biznaga estrella de Tacubaya	Pr	EN
		Cylindropuntia anteojoensis	Cholla del anteojo	Pr	VU
		Thelocactus bicolor var. *bolaensis*	Biznaga pezón bicolor	A	–
		T. macdowellii	Biznaga pezón de Macdowell	A	NT
		T. rinconensis	Biznaga pezón de la Rinconada	–	LC
		Turbinicarpus mandragora	Mandrágora	A	CR
Gimnospermas	Pinaceae	*Abies vejarii* subsp. *mexicana*	Oyamel blanco	A	VU
		Picea engelmanii var. *mexicana*	Pinabete mexicano	P	–
		Pinus culminicola	Pino enano	P	EN

NOM-059. A: amenazada; P: en peligro de extinción; Pr: sujeta a protección especial.
UICN. CR: peligro crítico; EN: en peligro; NT: casi amenazada; LC: preocupación menor; VU: vulnerable; DD: datos insuficientes.
Fuente: SEMARNAT 2010, UICN 2014.

la de Jimulco 12 (3.4%), la Sierra Madre Oriental 10 (2.9%) y la de Parras siete (2%). Si se desarrollaran programas tendientes a la conservación de estas zonas, se protegería cerca de 44.4% de la flora endémica enlistada.

Conclusión

Coahuila sobresale por su riqueza de endemismos regionales, ya que aproximadamente 12% de su flora presenta distribución local, por lo que es un sitio importante para desarrollar acciones de conservación. En este sentido, si se considera que los elementos de distribución restringida son los que caracterizan una región y, a la vez, representan las rarezas del área, las cactáceas son el grupo más notable en cuanto a los requerimientos de protección, ya que esta familia cuenta con los dos géneros con el mayor número de especies endémicas.

El reconocimiento de regiones y subprovincias del estado con mayor riqueza de endemismos (Sierras y Llanuras Coahuilenses y Sierra de la Paila), representa una contribución de trascendencia para la planeación de áreas naturales protegidas de competencia federal o estatal. Asimismo, los datos proporcionados pueden servir para la formulación de listados oficiales de plantas bajo protección, programas de uso sustentable de especies vegetales o, en caso necesario, el rescate, la conservación y la propagación de especies bajo estatus de conservación en jardines botánicos o museos regionales.

Finalmente, a pesar de que se considera que Coahuila ha sido bien explorado, es claro que todavía faltan datos acerca de su flora, sobre todo de aquella de las sierras y valles que se encuentran alejados en la porción oeste del estado. La información que aquí se presenta estará sujeta a cambios, a medida que se conozca mejor la diversidad vegetal de la región y la distribución de las especies.

Referencias

Gómez-Pompa, A., R. Dirzo, A. Kaus *et al.* 1994. *Reservas de la biosfera y otras áreas naturales protegidas de México*. Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP). México.

Henrickson, J. y M.C. Johnston. 1997. A flora of the Chihuahuan Desert Region. Los Ángeles (inédito).

Hernández, H.M. y H. Godínez A. 1994. Contribución al conocimiento de las cactáceas mexicanas amenazadas. *Acta Botanica Mexicana* 26:33-52.

Johnston, I.M. 1941. Gypsophily among mexican desert plants. *Journal Arnold Arboretum* 22:145-170.

Rzedowski, J. 1991a. El endemismo en la flora fanerogámica mexicana: una apreciación analítica preliminar. *Acta Botanica Mexicana* 15:47-64.

——. 1991b. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. *Acta Botanica Mexicana* 14:3-21.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el DOF. Texto vigente.

UICN. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. 2014. IUCN Red list of threatened plants. En: <*http://www.iucnredlist.org/*>, última consulta: 25 de septiembre de 2014.

Villarreal, J.Á., J. Valdés y J.L. Villaseñor. 1996. Corología de las asteráceas de Coahuila, México. *Acta Botanica Mexicana* 36:29-42.

Villarreal, J.Á. y J.A. Encina-Domínguez. 2005. Plantas vasculares endémicas de Coahuila y algunas áreas adyacentes, México. *Acta Botanica Mexicana* 70:1-46.

Villaseñor, J.L. 1991. Las Heliantheae endémicas a México: una guía hacia la conservación. *Acta Botanica Mexicana* 15:29-46.

Villaseñor, J.L., G. Ibarra y D. Ocaña. 1998. Strategies for the conservation of Asteraceae in Mexico. *Conservation Biology* 12:1066-1075.

Plantas acuáticas

Arturo Mora Olivo y Antonio Lot Helgueras

Introducción

La flora vascular acuática es una de las menos conocidas en el mundo. A pesar de los esfuerzos por contar con un inventario completo, esto no ha sido posible, especialmente en países con una alta biodiversidad, como México, donde hasta hace algunos años se empezó a investigar sobre la riqueza y distribución de las plantas acuáticas.

Los primeros trabajos que dieron a conocer específicamente las plantas acuáticas en el país fueron los de Lot y colaboradores (1986), y se enfocaron a las familias de angiospermas estrictamente acuáticas. Posteriormente se documentó un total de 747 especies de plantas acuáticas vasculares como parte de la biodiversidad de México (Lot *et al*. 1993, 1999).

Lot y colaboradores (2013) contribuyeron de manera importante al conocimiento de la flora vascular acuática de México, al registrar 375 especies de monocotiledóneas hidrófitas en todo el país. Además de esto, estudios regionales como los de la flora mesoamericana, del Bajío y de Veracruz, entre otras, han aportado contribuciones taxonómicas importantes sobre las plantas acuáticas.

A pesar de que en los estados se han llevado a cabo algunos esfuerzos para dar a conocer su flora, en general son pocos los trabajos que han estudiado a profundidad las hidrófitas vasculares (Siqueiros 1989, Bonilla-Barbosa *et al*. 2000). La información actual sobre las plantas acuáticas de México se basa en gran medida en investigaciones realizadas en regiones del centro y sureste, mientras que las zonas del norte han recibido poca atención al respecto. Hasta ahora el único antecedente para el norte del país es el trabajo de Mora-Olivo y Villaseñor (2007) para Tamaulipas.

A pesar de que los ambientes acuáticos no son comunes en las porciones áridas del norte de México, tales zonas son de gran relevancia por su aislamiento y el grado de desconocimiento que se tiene de sus humedales, como sucede con Cuatro Ciénegas, en Coahuila.

Hasta ahora los trabajos más relevantes que incluyen plantas de humedales en Coahuila son de Pinkava (1984) y de Villarreal (2001), aunque no son específicos sobre hidrófitas. El estudio de la flora riparia de los ríos Sabinas y San Rodrigo aportó mayor información al respecto (Villarreal *et al*. 2006). Sin embargo, sólo aborda una región del estado. En este capítulo se da a conocer por primera vez la riqueza de la flora

---

Mora-Olivo, A. y A. Lot. 2018. Plantas acuáticas. En: *La biodiversidad en Coahuila. Estudio de Estado*, vol. II. CONABIO/Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza, México, pp. 205-210.

vascular acuática de Coahuila, con base en registros de campo, herbarios, bases de datos y publicaciones especializadas.

Diversidad y distribución

Se registraron en total 312 especies (24 exóticas/invasoras) con 27 subespecies y variedades pertenecientes a 152 géneros y 61 familias de plantas acuáticas vasculares (apéndice 13). Las familias con más géneros y especies se observan en el cuadro 1 y son: Cyperaceae, con 55 especies y 13 géneros (figura 1); Poaceae, con 48 especies y 23 géneros (figuras 2 y 3); Asteraceae, con 30 especies; Salicaceae, con 13 especies; y Polygonaceae, con 11 especies. Las familias Apiaceae, Amaranthaceae y Juncaceae incluyen nueve especies cada una.

La clasificación de las plantas acuáticas de Coahuila por su forma biológica, tipo de hidrófita y manera de vida, se muestra en el cuadro 2. Claramente se observa que las hierbas son las dominantes (274 especies), seguidas por los árboles (19; figura 4) y los arbustos (20). Las plantas acuáticas estrictas son las menos diversas, con 59 especies, mientras que las subacuáticas poseen 146 especies. Por su forma de vida, las hidrófitas dominantes son: las enraizadas emergentes, con 284 especies; las libres flotantes, con seis especies; y las enraizadas de hojas flotantes, con cinco (figura 5).

Al igual que en otros casos de México y el mundo, las hidrófitas de Coahuila son, en su mayor proporción, de amplia distribución (42.8%), y son pocas las especies endémicas.

Según Villarreal y Encina-Domínguez (2005), en el estado se encuentran 11 especies restringidas a México (*Carex aureolensis, C. pringlei, Elymus pringlei, Eustoma barkleyi, Flaveria palmeri, Halenia palmeri, Polygala turgida, Populus mexicana, Sisyrinchium schaffneri, Suaeda jacoensis* y

Cuadro 1. Riqueza de plantas acuáticas por familias.

Familia	Especies	Géneros
Cyperaceae	55	13
Poaceae	48	23
Asteraceae	30	17
Salicaceae	13	2
Polygonaceae	11	2
Apiaceae	9	7
Amaranthaceae	9	4
Juncaceae	9	1
Iridaceae	8	2
Gentianaceae	7	4
Pontederiaceae	6	3

Fuente: elaboración propia.



Figura 1. Coquito (*Cyperus odoratus*), una de las hidrófitas enraizadas emergentes más comunes de la familia Cyperaceae. Foto: Juan A. Encina.



Figura 2. Carrizo (*Arundo donax*), una gramínea invasora en los humedales de Coahuila. Foto: Juan A. Encina.

S. palmeri) y siete a Coahuila (*Cirsium coahuilense, Cypringlea coahuilensis, Sabatia tuberculata, Salix riskindii, Samolus dichondrifolius, Sisyrinchium parvum* y *Tidestromia rhizomatosa*).

En este sentido, aunque en la entidad existen algunas especies con distribución hacia Centroamérica, el Caribe y Sudamérica, son más comunes las que se distribuyen hasta otras partes de Norteamérica, como es el caso de *Equisetum laevigatum, Juncus ensifolius, Nuphar advena* y *Potamogeton diversifolius*.

Amenazas y conservación

La alteración y la pérdida de los humedales en Coahuila constituyen la principal amenaza para la flora acuática. Actividades como la ganadería extensiva han contribuido a la desecación paulatina de los cuerpos de agua permanentes, como sucede en algunas porciones de la cuenca de Cuatro Ciénegas (véase Amenazas a la biodiversidad de Cuatro Ciénegas, en esta misma obra). Por otra parte, las actividades mineras y la deforestación han impactado negativamente las comunidades riparias y acuáticas en las áreas más altas (Villarreal *et al.* 2006).

La presencia de especies introducidas también ha impactado de forma negativa a las hidrófitas nativas, al comportarse como especies invasoras, pues compiten por el hábitat y desplazan a las especies nativas. Ejemplo de estas especies son el coquito (*Cyperus esculentus*; figura 1), el carrizo (*Arundo donax*; figura 2), zacate (*Echinochloa crus-galli*), el lirio acuático (*Eichhornia crassipes*), la lengua de vaca (*Rumex crispus*) y el tamarisco (*Tamarix ramosissima*; véase Gramíneas invasoras, en esta misma obra).

De acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010, en Coahuila existen tres especies en distintas categorías de riesgo: *Eurystemon mexicanum*, en peligro de extinción; *Juglans major* (nogal),



Figura 3. Zacate (*Andropogon glomeratus*), una gramínea nativa de la flora acuática del estado. Foto: Juan A. Encina.

como amenazada; y *Lemna trisulca*, bajo la categoría de sujeta a protección especial. No obstante, además de las hidrófitas bajo algún estatus de riesgo, especialmente las plantas endémicas son las que se encuentran amenazadas. Para más detalles al respecto, véase Plantas endémicas, en esta misma obra.

Conclusión

Al considerar las condiciones de aridez en Coahuila, destaca su alta riqueza de plantas acuáticas. Es claro que la presencia del sistema de humedales de Cuatro Ciénegas, así como de los ríos San Antonio, Sabinas, San Rodrigo, San Diego y Bravo, representan sitios importantes para la existencia y distribución de la flora acuática en el estado.

A pesar de que en la entidad existen diversas áreas naturales protegidas que buscan resguardar algunos de estos humedales importantes, como Cuatro Ciénegas y el río Sabinas, es necesario que se implementen medidas de protección para la flora acuática nativa fuera de dichas áreas, ya que ha sido impactada de manera importante por las actividades humanas.

Cuadro 2. Clasificación de las especies de plantas acuáticas por su forma biológica, tipo de hidrófita y forma de vida.

Forma biológica	Total	Tipo de hidrófita			Forma de vida					
		A	S	T	EE	EH	ET	ES	LF	LS
Árboles	**19**	1	7	11	19	0	0	0	0	0
Arbustos	**20**	0	10	10	20	0	0	0	0	0
Hierbas	**274**	58	129	87	245	5	2	13	6	3
Total	**313**	**59**	**146**	**108**	**284**	**5**	**2**	**13**	**6**	**3**

A: acuática estricta, S: subacuática, T: tolerante, EE: enraizada emergente, EH: enraizada de hojas flotantes, ET: enraizada de tallos postrados, ES: enraizada sumergida, LF: libre flotante, LS: libre sumergida.
Fuente: elaboración propia.

Figura 4. Sabino (*Taxodium mucronatum*), uno de los árboles acuáticos comunes en la vegetación riparia. Foto: Juan A. Encina.



Figura 5. Lirio (*Nymphaea ampla*), una hidrófita enraizada de hojas flotantes del valle de Cuatro Ciénegas. Foto: Juan A. Encina.

Como parte de tales medidas de protección, se sugiere el desarrollo de estudios taxonómicos y ecológicos que aporten mayor información sobre las especies de hidrófitas endémicas, y bajo estatus de protección, que existen en esta región del país.

Referencias

Bonilla-Barbosa, J.R., J.A. Viana-Lases y F. Salazar-Villegas. 2000. *Flora acuática de Morelos*. Listados florísticos de México xx. Instituto de Biología-UNAM, México.

Lot A., A. Novelo y P. Ramírez-García. 1986. *Angiospermas acuáticas mexicanas* 1. Listados florísticos de México v. Instituto de Biología-UNAM, México.

——. 1993. Diversity of mexican aquatic vascular plant flora. En: *Biological diversity of Mexico*. T.P. Ramamoorthy,

R. Bye, A. Lot y J. Fa (eds.). Oxford University Press, Nueva York, pp. 577-591.

Lot A., A. Novelo, M. Olvera y P. Ramírez-García. 1999. *Catálogo de angiospermas acuáticas de México. Hidrófitas estrictas emergentes, sumergidas y flotantes.* Cuadernos 33. Instituto de Biología-UNAM, México.

Lot A., R. Medina y F. Chiang (eds.). 2013. *Plantas acuáticas mexicanas, una contribución a la flora de México. Vol. I. Monocotiledóneas*. UNAM, México.

Mora-Olivo, A. y J.L. Villaseñor. 2007. Diversidad y distribución de la flora vascular acuática de Tamaulipas, México. *Journal of the Botanical Research Institute of Texas* 1:511-527.

Pinkava, D.J. 1984. Vegetation and flora of the bolson of Cuatro Cienegas Region, Coahuila, Mexico: IV. Summary, endemism and corrected catalogue. *Journal of the Arizona-Nevada Academy of Science* 19:23-47.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el DOF. Texto vigente.

Siqueiros, M.E. 1989. *Contribución al conocimiento de la flora acuática y subacuática de Aguascalientes.* Universidad Autónoma de Aguascalientes, Aguascalientes.

Villarreal, J.A. 2001. *Flora de Coahuila*. Listados florísticos de México. Instituto de Biología-UNAM, México.

Villarreal, J.Á., M.A. Carranza, E. Estrada y A. Rodríguez. 2006. Flora riparia de los ríos Sabinas y San Rodrigo, Coahuila, México. *Acta Botanica Mexicana* 75:1-20.

Villarreal, J.Á. y J.A. Encina-Domínguez. 2005. Plantas vasculares endémicas de Coahuila y algunas áreas adyacentes, México. *Acta Botanica Mexicana* 70:1-46.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Invertebrados

Resumen ejecutivo

Ma. Teresa Valdés Perezgasga y Fabián García Espinoza

Los invertebrados constituyen el grupo más abundante y diverso –abarca desde las esponjas, los moluscos y los gusanos, hasta los artrópodos– en el planeta. Constituyen 95% de todas las especies animales, y se caracterizan por carecer de columna vertebral y esqueleto interno articulado (Cabrera 1947).

En Coahuila existe un reducido grupo de especialistas que estudia la diversidad biológica de los invertebrados, en su mayoría con un enfoque de daños al ser humano. Es necesario incrementar el número de trabajos que permitan contar con una visión general de estos animales, su biología y comportamiento, así como desarrollar estrategias para su preservación.

Se estima que la riqueza de invertebrados para el estado asciende a 975 especies (Sarukhán *et al.* 2009), entre las que destacan, por su abundancia y diversidad, los insectos (*phylum* Arthropoda, clase Insecta) como escarabajos (orden Coleoptera), chinches (orden Hemiptera), abejas y hormigas (orden Hymenoptera), entre otros.

En esta sección se presenta una muestra del conocimiento sobre invertebrados presentes en el estado. Se describen algunos crustáceos de agua dulce, ácaros, hormigas, thrips o piojos de las plantas, cucarachas, termitas, polinizadores, moscas, escarabajos, mosquitos y chinches. En el inventario de insectos se reportan cerca de 323 especies y subespecies de las cuales 279 están identificadas hasta el nivel taxonómico de especie.

El grupo con más representación en el estado es Hymenoptera, y son las hormigas las que presentan mayor riqueza (78 especies); sigue Diptera con 77 especies, en donde destacan los mosquitos (44); y después los ácaros, con 52 especies. La diversidad de trips (Thysanoptera) también es importante: se registran 26 géneros y 88 especies, de las que 14 están en proceso de descripción como nuevos registros.

Estudios aislados en algunas regiones constituyen el inventario de especies de insectos (Rosales-López *et al.* 2013, Trujano-Ortega *et al.* 2016). Así, a manera de ejemplo, se puede mencionar que proyectos de investigación para el valle de Cuatro Ciénegas consignan la abundancia de tres órdenes de insectos que incluyen a libélulas, moscas, mosquitos y mariposas. Los estudios realizados en la Comarca Lagunera reportan la presencia

Valdés-Perezgasga, M.T. y F. García-Espinoza. 2018. Resumen ejecutivo. Invertebrados. En: *La biodiversidad en Coahuila. Estudio de Estado*, vol. II. CONABIO/Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza, México, pp. 215-216.

e interacciones de cucarachas, termitas, moscas, mosquitos y escarabajos.

Por supuesto que la riqueza reflejada por estos estudios se encuentra muy por debajo de la real, ya que la extensión territorial de la entidad es muy amplia y la mayoría de los estudios se basan en la importancia económica de las especies estudiadas, como es el caso de los polinizadores en la producción de tomate, manzana y melón, además de que existen pocos especialistas en el campo entomológico en el estado y el muestreo de estas especies requiere de técnicas y equipo específicos.

El mayor interés en el estudio de insectos se ha enfocado hacia aquellos que han demostrado ser grandes competidores del humano por las pérdidas económicas ocasionadas a cultivos, ganado, viviendas, muebles y vestido, además de las pérdidas incalculables como posibles vectores de patógenos que ocasionan enfermedades como paludismo, fiebre amarilla, tifus, peste bubónica, dengue, encefalitis, ceguera de río, filariasis y enfermedad del sueño.

Tal es el caso de algunas especies de *Lutzomyia* como posibles vectores de leishmaniasis en Viesca y San Pedro de las Colonias, y pulgas en las inmediaciones de la ciudad de Sabinas, o los casos de dengue transmitido por mosquitos registrados en el estado.

Sin embargo, los beneficios que aportan los invertebrados, y en particular los insectos, son importantes en muchos sentidos. Por ejemplo, las abejas, avispas, mariposas, moscas y escarabajos son los responsables de la polinización de cultivos, producción de materiales útiles como miel, cera, seda y laca. Además, proporcionan servicios ambientales de gran relevancia, como el control biológico de maleza e insectos dañinos, y el reciclaje de materiales de desecho como el estiércol y los cadáveres, que llevan a cabo los insectos carroñeros.

Sin duda los invertebrados constituyen el más abundante y diverso grupo de seres vivos en el mundo y en Coahuila, aunque el inventario con que se cuenta hasta la fecha en la entidad es muy limitado. Resulta imperativo robustecer no sólo el listado de especies presentes en el estado, sino explorar y documentar aspectos sobre la biología de éstas, las interacciones fundamentales con plantas y otros animales, incluidos los humanos, sus hábitos migratorios y su potencial como fuente alimenticia.

Todo lo anterior contribuirá al entendimiento de la maravillosa actividad natural que soporta la vida en Coahuila y proporcionará las bases y herramientas para la conservación de los ecosistemas.

Referencias

Cabrera, A. (ed.) 1947. *Historia natural. Zoología (Invertebrados)*. Tomo II. Instituto Gallach de Librería y Ediciones. Barcelona, España.

Rosales-López A., M. Flores-Dávila, L.A. Aguirre-Uribe *et al.* 2013. Diversidad de áfidos (Hemiptera:Aphididae) en el sureste de Coahuila. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 4(7):987-997.

Sarukhán, J., G. Halffter, P. Koleff *et al.* 2009. *Capital natural de México. Síntesis: conocimiento actual, evaluación y perspectivas de sustentabilidad*. CONABIO, México.

Trujano-Ortega, M., U.O. García-Vázquez y A. Nieto Montes de Oca. 2016. Diversidad de grupos selectos de vertebrados (Reptilia, Amphibia) e insectos (Lepidoptera: Papilionoidea y Hesperioidea; Odonata; Diptera: Bombyliidae) en el valle de Cuatro Ciénegas y sierra de La Madera, Coahuila, México. Facultad de Ciencias-UNAM. Informe final SNIB-CONABIO, proyecto no. JF065. México. En: <*www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/InfJF065.pdf*>, última consulta: 10 de marzo de 2017.

Crustáceos

Gabino Adrián Rodríguez Almaraz

Descripción

Los crustáceos constituyen uno de los grupos de artrópodos, después de los insectos, más conocidos por el ser humano, ya que incluye especies de interés alimenticio como los camarones, langostas, langostinos, jaibas y otras especies (García-Madrigal *et al.* 2012). Como todos los artrópodos, poseen un exoesqueleto o cutícula quitinosa con función protectora, que se considera una pieza clave en la supervivencia y el éxito evolutivo de estos organismos desde hace más de 550 millones de años (Ruppert y Barnes 1996).

Los crustáceos exhiben una gran variabilidad morfológica, pero se reconocen por poseer frecuentemente un caparazón, dos pares de antenas, un par de mandíbulas y apéndices ramificados, y porque generalmente respiran a través de branquias.

La talla de los crustáceos puede ser muy variable: va desde las micras, como en los copépodos del plancton, hasta los metros en las formas gigantes, como el cangrejo araña japonés (*Macrocheira kaempferi*) con 4 m de longitud, al considerar la extensión de sus patas (Ruppert y Barnes 1996, Brusca y Brusca 2002).

El ciclo de vida de los crustáceos se caracteriza por un desarrollo por metamorfosis, que incluye fases larvales reducidas o prolongadas, lo cual es un reflejo de las estrategias de adaptación a los diferentes ambientes donde viven (Brusca y Brusca 2002). La confección taxonómica del *subphylum* Crustacea, de acuerdo a criterios recientes (Martin y Davis 2001, Ahyong *et al.* 2011), agrupa a las especies en seis clases, entre las que destaca la clase Malacostraca, por la diversidad numérica y ecológica que representa.

Diversidad

De acuerdo a Ahyong y colaboradores (2011), se reconocen 66 914 especies vivientes de crustáceos en el mundo, divididas en seis clases, 13 subclases, 51 órdenes y 1 003 familias (cuadro 1). La clase Malacostraca contiene más de 40 mil especies, incluidas las formas más conocidas como camarones, langostas, jaibas y acociles; sus especies se caracterizan por ser pleópodos, es decir, que poseen apéndices abdominales (Brusca y Brusca 2002, Ahyong *et al.* 2011).

Rodríguez-Almaraz, G.A. 2018. Crustáceos. En: *La biodiversidad en Coahuila. Estudio de Estado*, vol. II. CONABIO/Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza, México, pp. 217-226.

También destaca la clase Maxillopoda, que incluye a los copépodos (más de 12 mil especies) y las formas aberrantes llamadas cirrípedos.

La clase Ostracoda incluye más de 13 mil especies vivientes, y se ha estimado que hay 65 mil especies fósiles (Brusca y Brusca 2002). El conocimiento biológico y ecológico de los crustáceos terrestres de México (cochinillas de suelo) es nulo, y la información disponible está enfocada a estudios taxonómicos y de distribución (Mulaik 1960, Souza-Kury 2000).

Para Coahuila son escasos los estudios que tratan la descripción y distribución de especies de crustáceos. Hasta 2017 se conocen 59 especies (una exótica y dos infraespecies) que pertenecen a 42 géneros, 25 familias, 10 órdenes y cuatro clases (cuadro 1, figuras 1 a 3). De las especies registradas para el estado, 15 son endémicas o potencialmente endémicas (apéndice 14).

La mayor parte de las especies conocidas para Coahuila corresponden a la subclase Copepoda (22) y los branquiópodos (17), denominados comúnmente como camarón duende, camarón renacuajo (*Triops* sp., figura 3), camarón almeja y pulga de agua. Otro grupo de importancia numérica es el orden Isopoda (cochinillas), con siete especies acuáticas y cinco terrestres (apéndice 14).

Los crustáceos decápodos se encuentran representados en el estado por el langostino endémico *Palaemon suttkusi* (figura 1, apéndice 14) y el acocil rojo exótico *Procambarus clarkii* que es nativo de la región sur-centro de los Estados Unidos de América y parte del noreste de México (Hobbs Jr. 1989), y es exótico en otras regiones geográficas del país (Campos y Rodríguez-Almaraz 1992, Hernández *et al.* 2008; figura 2). Esta especie ha sido introducida en diferentes partes del mundo, con el propósito de su producción comercial (Huner y Barr 1984, Barbaresi y Gherardi 2006).

Cuadro 1. Diversidad comparativa de crustáceos en el mundo, en México y en Coahuila.

Categorías taxonómicas	Mundo (marinos, salobres y de agua dulce)	México (sólo de agua dulce)	Coahuila
Clases	6	4	4
Subclases	13	6	5
Órdenes	51	14	10
Familias	1 003	56	25
Géneros	9 522	166	42
Especies	66 914	575 (estimación de especies)	59

Fuente: Mulaik 1960, Strenth 1976, Cole 1984, Hobbs Jr. 1989, Zamudio-Valdéz 1991, Souza-Kury 2000, Martin y Davis 2001, Escobar-Briones 2002, Escobar-Briones *et al.* 2002, Maeda-Martínez *et al.* 2002a, b, c; Elías-Gutiérrez *et al.* 2008, Rodríguez-Almaraz y Muñiz-Martínez 2008, Ahyong *et al.* 2011, García-Madrigal *et al.* 2012, Rocha-Ramírez *et al.* 2012, Álvarez *et al.* 2014.

Distribución

Los crustáceos se encuentran principalmente en ambientes acuáticos, ya sea cuerpos de agua dulce, ambientes salobres o marinos (Ruppert y Barnes 1996, Brusca y Brusca 2002). Algunas especies alternan su ciclo de vida en ambientes acuáticos y terrestres, como el cangrejo playero (*Ocypode* spp.). Las cochinillas de suelo conforman el único grupo de crustáceos que han logrado invadir y vivir permanentemente en el ambiente terrestre (Ruppert y Barnes 1996).

La abundancia de crustáceos en sus hábitats de residencia puede ser muy significativa; tal es el caso del krill del Antártico (*Euphausia superba*), cuya existencia se estima en millones de toneladas, y es la principal fuente de alimento de las ballenas (MarineBio Conservation Society 2013).

Los principales estudios sobre la diversidad y distribución de crustáceos en Coahuila corresponden a contribuciones de Smalley (1964), Cole y Minckley (1966, 1970, 1972), Holsinger y Minckley (1971), Cole (1984), Zamudio-Valdés y Reid (1990), Zamudio-Valdés (1991), Maeda-Martínez *et al.* (2002a, b, c) y Dinger *et al.* (2005).

La diversidad registrada en el estado tiene un ensamblaje de especies endémicas o potencialmente endémicas, exóticas, cosmopolitas y de amplia distribución en los Estados Unidos de América y México, que incluyen registros de Centroamérica y Sudamérica (apéndice 14), y habitan tanto en cuerpos de agua dulce como salobre y en ambientes terrestres.

Las especies dulceacuícolas (que son la mayoría) residen en ríos, arroyos, manantiales, canales de riego, pozas, lagos someros y charcas efímeras; en este último ambiente, los branquiópodos grandes son habitantes obligados, y se encuentran representados por el camarón duende (*Streptocephalus* y *Thamnocephalus*), el camarón renacuajo (*Triops* sp., figura 3) y el camarón almeja



Figura 1. El langostino endémico *Palaemon suttkusi* (orden Decapoda) habita en manantiales del valle de Cuatro Ciénagas y el río Salado, en Nadadores. Foto: Gabino A. Rodríguez-Almaraz.



Figura 2. El acocil rojo exótico *Procambarus clarkii* (orden Decapoda) habita en el centro-sur y noreste de Coahuila. Foto: Gabino A. Rodríguez-Almaraz.



Figura 3. El camarón renacuajo (*Triops* sp.) habita en charcas efímeras de distintas localidades del centro-sur de Coahuila. Foto: Gabino A. Rodríguez-Almaraz.

(*Eulimnadia* spp.). En los ambientes salobres se ha encontrado camarón salino (*Artemia* sp.), además de camarones duende (*Branchinecta oterosanvicentei, B. belki* y *B. packardi*) y el copépodo *Leptocaris stromatolicolus* (Zamudio-Valdés y Reid 1990, Maeda-Martínez *et al.* 2002a).

Los copépodos representan la mayor biodiversidad del estado, aunque es importante señalar que de las 22 especies conocidas, 18 están registradas únicamente en los ambientes acuáticos del valle de Cuatro Ciénegas, lo que representa aproximadamente 20% de las especies conocidas de copépodos calanoides, harpacticoides y ciclopoides en México (Elías-Gutiérrez *et al.* 2008).

La fauna estigobia (animales acuáticos de cavernas) y de manantiales termales está representada por los isópodos (cochinillas) *Cirolanides texensis mexicensis, Mexistenasellus coahuila, Sphaerolana interstitialis, S. affinis, Speocirolana thermydronis y S. zumbadora* (Rocha-Ramírez *et al.* 2012), cuatro de ellos endémicos (apéndice 14).

Los anfípodos estigobios *Mexiweckelia colei, Paramexiweckelia particeps, Paraholsingerius mexicanus* y *P. smaragdinus* son endémicos de Coahuila, excepto la última especie, que también está registrada en Texas (Holsinger y Minckley 1971, Holsinger 1992, Sawicki y Holsinger 2005).

El anfípodo de aguas superficiales *Hyalella azteca* es de amplia distribución en el norte y centro de Norteamérica y norte de Sudamérica (González y Watling 2002), aunque en México su distribución es muy dispersa. Se han hecho pocos estudios para determinar su estado taxonómico, y el registro de *Hyalella* para el valle de Cuatro Ciénegas (Cole 1984) podría corresponder a la forma *azteca*.

De las cinco especies de isópodos oniscideos (cochinillas terrestres) registradas en el estado, *Armadillidium vulgare* (figura 4) es la más común, con una amplia distribución en el continente americano; no obstante, esta especie es exótica,



Figura 4. Cochinilla de suelo *Armadillidium vulgare* se ha registrado en el sureste, centro y noreste de Coahuila, pero es necesario actualizar los datos acerca de su distribución. Foto: José Alfredo Treviño.

ya que es originaria de Europa (Mulaik 1960, Treviño-Flores 2016). Este grupo está pobremente representado, aunque las cochinillas terrestres tienen una potencial distribución mayor en la entidad, por lo que se requiere más esfuerzo de campo y monitoreo en diferentes áreas geográficas, si se consideran los tipos de vegetación y condiciones de humedad.

Entre los decápodos, el langostino *Palaemon suttkusi* es endémico de manantiales del valle de Cuatro Ciénegas y del río Salado, ubicado en el municipio de Nadadores (Strenth 1976, Rodríguez-Almaraz y Muñiz-Martínez 2008), mientras que el acocil rojo *Procambarus clarkii* es nativo en el norte de Coahuila (Campos y Rodríguez-Almaraz 1992) y exótico en el valle de Cuatro Cienégas y en los municipios de Arteaga, Monclova, Nadadores, Castaños y Sacramento (observación personal).

De acuerdo al inegi (2016), tres provincias fisiográficas atraviesan el territorio coahuilense: Sierra Madre Oriental, Grandes Llanuras de Norteamérica y Sierras y Llanuras del Norte. Los crustáceos se registran dentro de las tres, pero con una mayor presencia y distribución en las subprovincias de la Sierra Madre Oriental:

Sierras y Llanuras Coahuilenses, Sierras Transversales, Sierra de la Paila y Pliegues Saltillo-Parras (apéndice 14).

Importancia

La importancia de los crustáceos continentales acuáticos y terrestres es menos apreciada que la de los crustáceos marinos, en los que destacan especies de interés comercial, como camarones peneidos, jaibas, langostas, langostinos y otros (Brusca y Brusca 2002). Sin embargo, los crustáceos de regiones continentales son elementos clave en las redes tróficas y el flujo de energía de los ecosistemas.

Algunas especies, como el camarón salino (*Artemia* spp.), se comercializan alrededor del mundo, a través de la producción de huevos de resistencia (quistes) para obtener larvas que sirven de alimento vivo a cultivos marinos (Van Stappen 1996). Sin embargo, las poblaciones de estas especies en Coahuila y en otras zonas áridas del país aún no han sido explotadas (Castro *et al.* 1997). Cabe decir que el camarón salino ha sido ampliamente utilizado como referencia en estudios de fisiología, genética, ecología y ecotoxicología (Sorgeloos *et al.* 1987, Nunes *et al.* 2006).

Otros branquiópodos, como el camarón duende, el camarón renacuajo y el camarón almeja, se han adaptado para habitar exclusivamente en los ambientes acuáticos temporales (charcas), pero su estrategia de sobrevivencia y dispersión está centrada en la producción de quistes de resistencia y son los primeros colonizadores de estos ambientes (Brusca y Brusca 2002). Estas especies son consideradas clave en la ecología de comunidades de charcas temporales (Dodson y Frey 1991).

La importancia de los copépodos de agua dulce radica en la aportación significativa de biomasa y productividad en los ecosistemas (Williamson 1991); además, ocupan una posición intermedia en las redes tróficas acuáticas, sus hábitos alimenticios varían de acuerdo a la especie y son clasificados como filtradores, omnívoros, planctívoros e, incluso, depredadores de otros invertebrados, como las larvas tempranas de mosquitos (Marten 1990).

Algunas especies de copépodos calanoides y ciclopoides son hospederos intermediarios de gusanos (helmintos y nematodos) parásitos de anfibios, aves y mamíferos (Williamson 1991). Estos micro crustáceos son utilizados en pruebas de ecotoxicología (Kulkarni *et al.* 2013), como indicadores biológicos de la calidad de ambientes dulceacuícolas (Elías-Gutiérrez *et al.* 2008) y como presas de larvas de peces (Delbare *et al.* 1996).

La importancia de los isópodos y anfípodos acuáticos de cavernas de Coahuila, denominados estigobios, es por su descendencia de ancestros marinos (Rocha- Ramírez *et al.* 2012), por la vulnerabilidad de los ambientes donde habitan (Rojo 2005) y porque son usados como herramienta geológica para estimar las regiones costeras pasadas (Boutin *et al.* 2001). El anfípodo gamárido *Hyalella* es un excelente alimento para peces, debido a su fácil producción y biomasa (Lawrence 1981).

Las cochinillas terrestres (Oniscidea) desempeñan un papel importante en el reciclamiento de nutrientes del suelo, al actuar como saprófagos y formar detritos de plantas (David y Handal 2010) e influir en la liberación de dichos nutrientes (Hornung *et al.* 2007).

El langostino *P. suttkusi* es importante por dos razones: por su endemismo en Coahuila (Strenth 1976, Rodríguez-Almaraz y Muñiz-Martínez 2008) y por participar en la transferencia de energía entre los consumidores primarios y secundarios residentes en los cuerpos de agua del valle de Cuatro Ciénegas (Rodríguez-Almaraz *et al.* 1997).

Situación, amenazas y acciones de conservación

De las 15 especies endémicas o potencialmente endémicas, más una especie con presencia en Texas y Coahuila, siete están incluidas en la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN 2016; apéndice 14). De los crustáceos tratados en este estudio, ninguno se encuentra en la lista de especies en riesgo de la NOM-059 (SEMARNAT 2010).

El acocil rojo *P. clarkii* está clasificado como de preocupación menor (Crandall 2010), tiene una distribución natural al norte de Coahuila (Campos y Rodríguez-Almaraz 1992) y es exótico al centro del estado, incluso en el valle de Cuatro Ciénegas (Arriaga-Cabrera *et al.* 2000, Dinger *et al.* 2005).

Esta especie es una amenaza para los ambientes acuáticos y especies nativas, ya que es una excelente invasora y puede reducir o extinguir poblaciones de invertebrados y peces (Loureiro *et al.* 2015). Es de los invertebrados acuáticos de mayor talla de Norteamérica y tiene un papel politrófico en los ecosistemas donde reside, al alimentarse de una variedad de organismos de origen vegetal y animal (Huner y Barr 1984, Hobbs Jr. 1991).

Los esfuerzos para el conocimiento de la biodiversidad de crustáceos de Coahuila se han dirigido hacia manantiales y otros acuíferos del valle de Cuatro Ciénegas, así como a otras áreas geográficas del estado, y los hábitats acuáticos de cavernas y las charcas temporales son los ambientes más monitoreados para conocer las amenazas potenciales para las especies (Maeda-Martínez *et al.* 2002a, b, c; Inland Water Crustacean Specialist Group1996a, b, c).

Es necesario incrementar el monitoreo y trabajo de campo hacia nuevas regiones geográficas del estado, con el fin de actualizar los registros y probablemente descubrir nuevas especies. La concentración de estudios en ciertas partes de la entidad se debe parcialmente a la dominancia de zonas áridas y climas que van de secos a muy secos, los cuales cubren 95% del territorio coahuilense (Gobierno del Estado 2012), por lo que son escasos los sistemas acuáticos permanentes para un monitoreo constante de este grupo y de otros invertebrados acuáticos.

En consecuencia, las amenazas a la diversidad de crustáceos de Coahuila aún son en gran parte desconocidas y sólo se conocen de manera parcial para algunas especies. Dentro de los principales riesgos que enfrentan los branquiópodos o camarones duende (*Branchinecta belki, B. oterosanvicentei y Streptocephalus guzmani*), habitantes obligados de charcas temporales, se pueden resaltar la alteración y la destrucción de su hábitat por actividades agrícolas y ganaderas, y por la construcción de carreteras (Baillie 2000, Maeda-Martínez *et al.* 2002a, b, c).

El copépodo *Leptocaris stromatolicolus*, endémico del valle de Cuatro Ciénegas, está categorizado como vulnerable (Reid 1996). De igual manera, los isópodos acuáticos endémicos *Sphaerolana interstitialis* y *S. affinis* y la especie *Mexistenasellus coahuila*, residente de Coahuila y Texas, se localizan en manantiales de este mismo valle y están clasificados en peligro (Inland Water Crustacean Specialist Group 1996a, b, c).

Es probable que el principal problema que amenaza la conservación del copépodo *L. stromatolicolus*, de los isópodos acuáticos y del langostino *P. suttkusi*, especie en peligro, es la extracción de agua del acuífero, lo que repercute en la reducción de los manantiales del valle de Cuatro Ciénegas (De Grave *et al.* 2013).

De acuerdo a Arriaga-Cabrera y colaboradores (2000), la principal problemática que presenta el valle es la modificación y destrucción de algunas pozas y otros cuerpos de agua, lo que causa desecación, además de la construcción de canales para riego y caminos. Esta misma situación se presenta en otras regiones hidrológicas prioritarias de Coahuila, lo que aunado a la

introducción de especies exóticas, afecta a la biodiversidad acuática.

El gobierno estatal considera necesario establecer programas de conservación, manejo y recuperación de los cuerpos de agua, tanto en áreas naturales protegidas (ANP) como fuera de ellas (Gobierno del Estado 2012). Dentro de este mismo contexto, en el Área de Protección de Flora y Fauna Cuatrociénegas (CONANP 2015) se emprenden acciones de concientización sobre la importancia y valor de los humedales, además de promover cultivos agrícolas con menor demanda de agua.

Hasta el momento no hay acciones particulares para la conservación de los crustáceos del estado. Sin embargo, Arriaga-Cabrera y colaboradores (2000) consideran importante establecer medidas específicas para la conservación de endemismos y la supervivencia de las especies acuáticas del valle de Cuatro Ciénegas y otras regiones hidrológicas prioritarias de la entidad.

Conclusión

Las especies de crustáceos registradas en Coahuila son importantes ecológicamente, ya que residen en diferentes tipos de ambientes acuáticos, y las especies estigobias son descendientes de la vida marina del pasado geológico de esta zona de México.

Por esta razón es importante incrementar el conocimiento de la biodiversidad de crustáceos y otros invertebrados acuáticos, a través de monitoreos y estudios de campo, ya que no existen programas o acciones de conservación enfocadas a este grupo, sólo se citan las amenazas y riesgos para siete especies que son endémicas de Coahuila, más una especie con distribución en Texas y Coahuila. Nuevos estudios permitirán conocer las amenazas actuales que puedan afectar la conservación de los ambientes acuáticos y de las especies que ahí residen.

Agradecimientos

Esta contribución forma parte de las líneas de generación de conocimiento del Cuerpo Académico: Invertebrados no Insectos, a través de los apoyos obtenidos de la Red Temática Promep “Especies exóticas de México” y el apoyo del Programa de Apoyo a la Investigación Científica y Tecnológica (PAICYT) de la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL).

Referencias

Ahyong, S.T., J.K. Lowry, M. Alonso *et al.* 2011. Subphylum Crustacea Brünnich, 1772. Animal biodiversity: an outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness. Z.Q. Zhang (ed.). *Zootaxa* 3148:165-191.

Álvarez, F., J.L. Villalobos, M.E. Hendrickx *et al.* 2014. Biodiversidad de crustáceos decápodos (Crustacea: Decapoda) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85:208-219.

Arriaga-Cabrera, L., V. Aguilar, J. Alcocer *et al.* 2000. *Regiones hidrológicas prioritarias*. CONABIO, México.

Baillie, J. 2000. *Branchinecta belki*. IUCN Red list of threatened species 2000. En: <*http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2000.RLTS.T3043A9549316.en*>, última consulta: 19 de diciembre de 2016.

Barbaresi, S. y F. Gherardi. 2006. Crayfish invading Europe: the case study of *Procambarus clarkii*. *Biological Invasions* 39(3):175-191.

Boutin, C., N. Coineau, M. Messoulli y M. Yacoubi-Khebiza. 2001. Groundwater crustaceans as useful geological tools. *13th International Congress of Speleology*. Brazilian Society of Speleology, Brazil.

Brusca, R.C. y G.J. Brusca. 2002. *Invertebrates*. Sinauer Associates Inc. Publishers, Massachusetts.

Campos, E. y G.A. Rodríguez-Almaraz. 1992. Distribution of the red swamp crayfish *Procambarus clarkii* (Girard 1852) (Decapoda: Cambaridae) in Mexico: an update. *Journal of Crustacean Biology* 12(4):627-630.

Castro, T., G. Castro, J. Castro *et al.* 1997. Características morfométricas y calidad de los quistes de *Artemia* sp. (Crustacea: Anostraca), habitante de aguas sulfatadas de Coahuila, México. *Ciencias Marinas* 23:491-503.

Cole, G.A. 1984. Crustacea from the bolson of Cuatro Cienegas, Coahuila, Mexico. *Journal of the Arizona-Nevada Academy of Science* 19:3-12.

Cole, G.A. y W.L. Minckley. 1966. *Speocirolana thermydronis*, a new species of cirolanid isopod crustacean from central Coahuila, Mexico. *Tulane Studies in Zoology* 13:17-22.

Cole, G.A. y W.L. Minckley. 1970. *Sphaerolana*, a new genus of cirolanid isopod from northern Mexico, with description of two new species. *The Southwestern Naturalist* 15:71-81.

Cole, G.A. y W.L. Minckley. 1972. Stenasellid isopod crustaceans in the western hemisphere, a new genus and species from Mexico with a review of other North American freshwater isopod genera. *Proceedings of the Biological Society of Washington* 84:313-326.

CONANP. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 2015. Área de Protección de Flora y Fauna Cuatrociénegas. En: <*http://cuatrocienegas.conanp.gob.mx/fauna.php*>, última consulta: 25 de enero de 2015.

Crandall, K.A. 2010. *Procambarus clarkii*. IUCN Red list of threatened species 2010: e.T153877A4557336. En: <*http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2010-3.RLTS.T153877A4557336.en*>, última consulta: 19 de diciembre de 2016.

David, J.F. e I.T. Handal. 2010. The ecology of saprophagous macroarthropods (millipides, woodlice) in the context of global change. *Biological Review* 85:881-895.

Delbare, D., P. Dhert y P. Lavens. 1996. Zooplankton. En: Manual on the production and use of live food for aquaculture. P. Lavens y P. Sorgeloos (eds.). *Fisheries Technical Paper* 361:252-282.

De Grave, S., F. Álvarez, F. Mantelatto y J. Villalobos. 2013. *Palaemonetes suttkusi*. (errata version published in 2016). IUCN Red list of threatened species: e. T197940A107027928. En: <*www.iucnredlist.org*>, última consulta: 19 de diciembre de 2016.

Dinger, E.C., A.E. Cohen, D.A. Hendrickson y J.C. Marks. 2005. Aquatic invertebrates of Cuatro Cienegas, Coahuila, Mexico: native and exotics. *The Southwestern Naturalist* 50(2):237-246.

Dodson, S.I. y D.G. Frey. 1991. Cladocera and other Branchiopoda. En: *Ecology and classification of north american freshwater invertebrates*. J.H. Thorp y A.P. Covich (eds.). Academic Press Inc., Nueva York, pp. 723-786.

Elías-Gutiérrez, M., E. Suárez Morales, M.A. Gutiérrez-Aguirre *et al.* 2008. *Cladocera y Copepoda de las aguas continentales de México*. CONABIO/UNAM, México.

Escobar-Briones, E. 2002. Lophogastrida y Mysida. En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento,* vol. III. J. Llorente-Bousquets y J. Morrone (eds.). CONABIO, México, pp. 291-305.

Escobar-Briones, E., I. Winfield, M. Ortiz *et al.* 2002. Amphipoda. En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento,* vol. III. J. Llorente-Bousquets y J. Morrone (eds.). CONABIO, México, pp. 341-372.

García-Madrigal, M.S., J.L. Villalobos-Hiriart, F. Álvarez y R. Bastida-Zavala. 2012. Estado del conocimiento de los crustáceos de México. *Ciencia y Mar* 16(46):43-62.

Gobierno del Estado. 2012. Programa Estatal de Medio Ambiente 2011-2017. Secretaría de Medio Ambiente. Coahuila.

González, E.R. y L. Watling. 2002. Redescription of *Hyalella azteca* from its type locality, Veracruz, Mexico (Amphipoda: Hyalellidae). *Journal of Crustacean Biology* 22:173-183.

Hernández, L., A.M. Maeda-Martínez, G. Ruiz-Campos *et al.* 2008. Geographic expansion of the invasive red crayfish *Procambarus clarkii* (Girard, 1852) (Crustacea: Decapoda) in Mexico. *Biological Invasion* 10:977-984.

Hobbs, H.H. Jr. 1989. An illustrated checklist of the american crayfishes (Decapoda: Astacidae: Cambaridae, Parastacidae). *Smithsonian Contribution to Zoology* 480:1-236.

Hobbs, H.H. III. 1991. Decapoda. En: *Ecology and classification of north american freshwater invertebrates*. J.H. Thorp y A.P. Covich (eds.). Academic Press Inc., Nueva York, pp. 823-858.

Holsinger, J.R. 1992. Four new species of subterranean amphipod crustaceans (Artesiidae, Hadziidae, Sebidae) from Texas, with comments on their phylogenetic and biogeographic relationships. *Texas Memorial Museum Speleological Monographs* 3:1-22.

Holsinger, J.R. y W.L. Minckley. 1971. A new genus and two new species of subterranean amphipod crustaceans (Gammaridae) from northern Mexico. *Proceedings of the Biological Society of Washington* 83:425-444.

Hornung, E., B. Tothmeresz, T. Magura y F. Vilisics. 2007. Changes of isopod assemblages along an urban suburban rural gradient in Hungary. *European Journal of Soil Biology* 43(3):158-165.

Huner, J.V. y J.E. Barr. 1984. *Red swamp crayfish: biology and exploitation*. Louisiana State University Center for Wetland Resources, EUA.

INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2016. Información fisiográfica. En: <*http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/recnat/fisiografia/infofisiografica.aspx*>, última consulta: 18 de agosto de 2016.

Inland Water Crustacean Specialist Group. 1996a. *Sphaerolana interstitialis*. IUCN Red list of threatened species. En: <*http://www.iucnredlist.org/details/20597/0*>, última consulta: 5 de diciembre de 2016.

——. 1996b. *Sphaerolana affinis*. IUCN Red list of threatened species. En: <*http://www.iucnredlist.org/details/full/20596/0*>, última consulta: 5 de diciembre de 2016.

——. 1996c. *Mexistenasellus coahuila*. IUCN Red list of threatened species. En: <*http://www.iucnredlist.org/details/13290/0*>, última consulta: 5 de diciembre de 2016.

Kulkarni, D., A. Gergs, U. Hommen *et al.* 2013. A plea for the use of copepods in freshwater ecotoxicology. *Environmental Science and Pollution Research* 20:75-85.

Lawrence, S.G. 1981. Manual for the culture of selected freshwater invertebrates. Department of Fisheries and Oceans. *Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences* 54:1-169.

Loureiro, T.G., P.M.S.G. Anastácio, S.L.S. Bueno *et al.* 2015. Red swamp crayfish: Biology, ecology and invasion-an overview. *Nauplius* 23:1-19.

Maeda-Martínez, A.M. 1996. *Streptocephalus guzmani*. IUCN Red list of threatened species. En: <*http://www.iucnredlist.org/search*>, última consulta: 5 de diciembre de 2016.

Maeda-Martínez, A.M., H. Obregón-Barboza, H. García-Velazco y M.A. Prieto-Salazar. 2002a. Branchiopoda: Anostraca, 14. En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento* vol. III. J. Llorente-Bousquets y J. Morrone (eds.). CONABIO, México, pp. 305-322.

Maeda-Martínez, A.M., H. Obregón-Barboza y H. García-Velazco. 2002b. Branchiopoda: Cyclestherida, Laevicaudata and Spinicaudata, 15. En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento* vol. III. J. Llorente-Bousquets y J. Morrone (eds.). CONABIO, México, pp. 323-332.

Maeda-Martínez, A.M., H. Obregón-Barboza, H. García-Velazco y G. Murugan. 2002c. Branchiopoda: Notostraca, 15. En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento* vol. III. J. Llorente-Bousquets y J. Morrone (eds.). CONABIO, México, pp. 333-339.

MarineBio Conservation Society. 2013. Krill, *Euphausia superba*. En: <*http://marinebio.org/species.asp?id=518*>, última consulta: 24 de agosto de 2016.

Marten, G.G. 1990. Evaluation of cyclopoid copepods for *Aedes albopictus* control in tires. *Journal of American Mosquito Control Association* 6(4):681-688.

Martin, J.W. y G.E. Davis. 2001. *An updated classification of the recent Crustacea*. Natural History Museum of Los Angeles County, Science Series 39, EUA.

Mulaik, S. 1960. Contribución al conocimiento de los isópodos terrestres de México (Isopoda, Onoscidea). *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural* 21: 79-292.

Nunes, B.S., F.D. Carvalho, L.M. Guilhermino y G. Van Stappen. 2006. Use of the genus *Artemia* in ecotoxicity testing. *Environmental Pollution* 144:453-462.

Reid, J.W. 1996. *Leptocaris stromatolicolus*. IUCN Red list of threatened species. En: <*http://www.iucnredlist.org/search*>, última consulta: 5 de diciembre de 2016.

Rocha-Ramírez, A., J. Alcocer-Durand, R. Chávez-López *et al.* 2012. *Guía de identificación de isópodos acuáticos continentales mexicanos*. Coordinación Editorial de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala-UNAM, México.

Rodríguez-Almaraz, G.A., J.A. González y R. Mendoza. 1997. Biological and ecological notes of *Palaemonetes suttkusi* (Crustacea: Palaemonidae) from Cuatro Cienegas basin, Coahuila, Mexico. *The Southwestern Naturalist* 42(4):501-503.

Rodríguez-Almaraz, G.A. y R. Muñiz-Martínez. 2008. Conocimiento de los acociles y langostinos del noreste de México: amenazas y propuestas de conservación. En: *Crustáceos de México: estado actual de su conocimiento*. F. Álvarez y G.A. Rodríguez-Almaraz (eds.). Dirección de Publicaciones, Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL), Monterrey, pp. 67-206.

Rojo, R. 2005. Las cuevas de México: diversidad subterránea en peligro. *Biodiversitas* 62:8-11.

Ruppert, E.E. y R.D. Barnes. 1996. *Zoología de los invertebrados*. McGraw-Hill-Interamericana, México.

Sawicki, T.R. y J.R. Holsinger. 2005. New species and new records of weckeliid amphipod crustaceans (Hadziidae) from caves in northern Mexico, with descriptions of the new genera *Paraholsingerius* and *Tamaweckelia*. *Proceedings of the Biological Society of Washington* 118(2):285-305.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059- SEMARNAT -2010. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación (DOF). Texto vigente.

Smalley, A.E. 1964. A new *Palaemonetes* from Mexico (Decapoda, Palaemonidae). *Crustaceana* 6(3):229-232.

Sorgeloos, P., D.A. Bengston, W. Decleir y E. Jaspers. 1987. *Artemia research and its applications* vols. 1-3. Universa, Bélgica.

Souza-Kury, L. 2000. Oniscidea. En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento* vol. II. J. Llorente-Bousquets, E. González-Soriano y N. Papavero (eds.). CONABIO, México, pp. 239-246.

Strenth, N.E. 1976. A review of the systematics and zoogeography of the freshwater species of *Palaemonetes Heller* of North America (Crustacea: Decapoda). *Smithsonian Contributions to Zoology* 228:1-27.

Treviño-Flores, J.A. 2016. *Distribución y taxonomía de los isópodos terrestres epigeos (Crustacea: Isopoda: Oniscidea) del noreste de México*. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias Biológicas-UANL, Nuevo León.

UICN. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. 2016. IUCN Red list of threatened species. En: <*http://www.iucnredlist.org/*>, última consulta: 5 de diciembre de 2016.

Van Stappen, G. 1996. Introduction, biology and ecology of Artemia. En: *Manual on the production and use of live food for aquaculture*. P. Lavens y P. Sorgeloos (eds.). FAO Fisheries Technical Paper, Roma, pp. 79-130.

Williamson, C.E. 1991. Copepoda. En: *Ecology and classification of north american freshwater invertebrates*. J.H. Thorp y A.P. Covich (eds.). Academic Press Inc., Nueva York, pp. 787-822.

Zamudio-Valdéz, J.A. 1991. *Los copépodos de vida libre (Crustacea: Maxillopoda) del valle de Cuatro Cienégas, Coahuila, México*. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias Biológicas-UANL, Nuevo León.

Zamudio-Valdéz, J.A. y J.W. Reid. 1990. A new species of *Leptocaris* (Crustacea, Copepoda, Harpacticoida) from inland waters of Mexico. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología*, UNAM 17(1):47-54.

Ácaros

Gustavo Ponce García, Itzel Ramos Méndez y Adriana Elizabeth Flores Suárez

Descripción

La subclase Acari (clase Arachnida) comprende un amplio grupo de artrópodos pequeños. Se reconocen tres súper órdenes (NCBI 2016, figura 1), de los cuales Parasitiformes y Acariformes comprenden especies de importancia agrícola y médico-veterinaria.

Las garrapatas (orden Ixodida) representan los ácaros más grandes que existen (Klompen 2005); son parásitos obligatorios y se alimentan de sangre (CONABIO 2016), por lo que se consideran los vectores de enfermedades de mayor importancia y, por lo general, se estudian separadamente. Se clasifican dentro del orden Ixodida, que se divide en dos familias: Ixodidae (garrapatas duras) y Argasidae (garraptas suaves; Estrada-Peña 2015), y está formado por alrededor de 900 especies.

Forma, funciones y ciclo de vida

La mayoría de los ácaros miden menos de 1 mm de longitud, aunque las garrapatas miden de 0.5 a 20 mm, y presentan el cuerpo dividido en dos partes (figura 2): la superior, llamada gnatosoma, comprende la cabeza y es donde se ubican sus partes bucales; y la inferior, llamada idiosoma, comprende las patas, tres pares en larvas y cuatro en las otras etapas de desarrollo. Los ácaros no presentan antenas, mandíbulas, ojos compuestos, alas, cabeza verdadera, tórax o segmentos abdominales. El rango de colores va de rojo sombreado a café, beige, blanco pálido o grisáceo (Krantz 1971).

La mayoría de estos organismos se alimenta solamente de fluidos; su digestión es externa, ya que la sangre, linfa o piel predigerida es succionada al esófago por medio de la faringe. No obstante, entre otros, los ácaros del polvo (Sarcoptiformes) se alimentan de comida sólida (Iraola 2001).

Los ixódidos (garrapatas) son más especializados; por lo general son parásitos que se alimentan de sangre, tienen mayor tasa de reproducción e infestan al propio huésped. Morfológicamente, presentan capítulo terminal y escudo dorsal con dimorfismo sexual, es decir, con diferencias físicas entre machos y hembras: es más pequeño en la hembra y cubre la superficie dorsal en el macho (Kettle 1990, Fernández y García 1996).

Los ácaros pasan por varias etapas de desarrollo, que pueden ser: huevo, pre-larva, larva,

Ponce-García, G., I. Ramos Méndez y A.E. Flores Suárez. 2018. Ácaros. En: *La biodiversidad en Coahuila. Estudio de Estado*, vol. II. CONABIO/Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza, México, pp. 227-231.

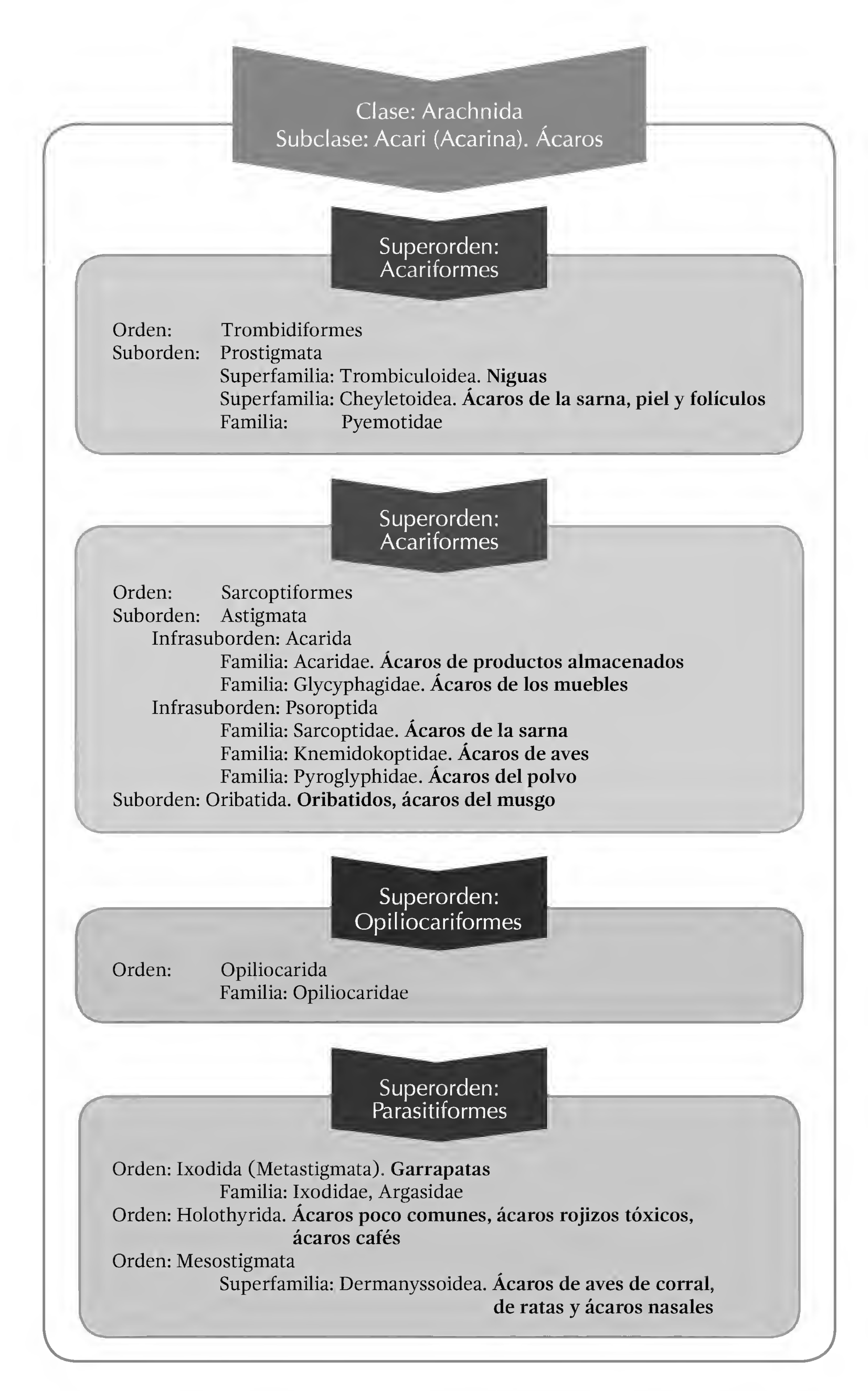


Figura 1. Sinopsis sistemática de los principales grupos de ácaros de importancia agrícola y médico-veterinaria. Fuente: ncbi 2016.

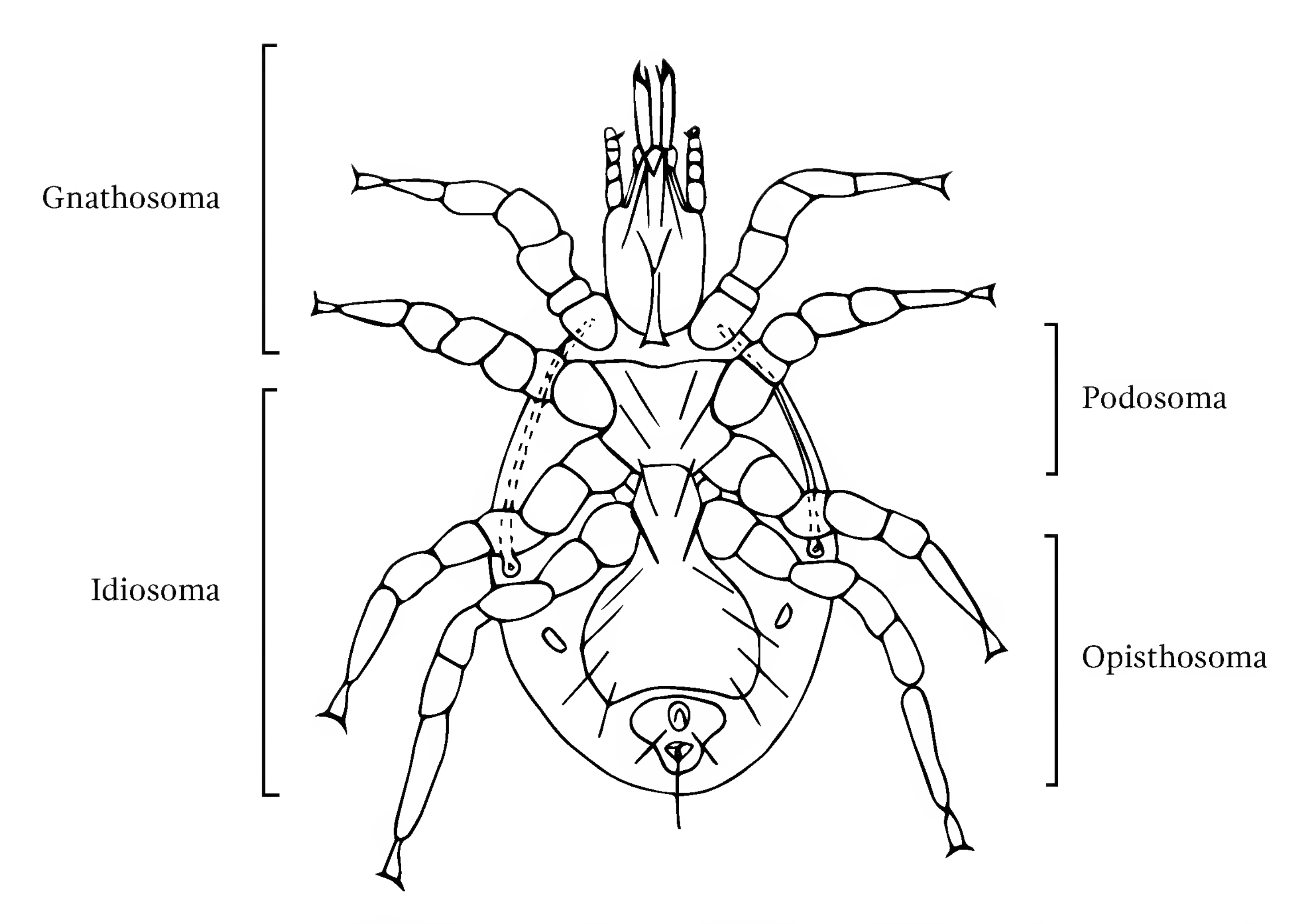


Figura 2. Forma primaria de los ácaros. Fuente: elaboración propia con base en Krantz 1971. Ilustración: Itzel Ramos.

protoninfa, deutoninfa, tritoninfa y adulto. En los grupos con etapa de pre-larva, ésta no es activa y, por lo general, permanece dentro del huevo; el resto de las etapas son activas y en ellas presentan cuatro pares de patas. El tiempo del ciclo de desarrollo es variable, ya que depende principalmente de la temperatura y humedad relativa (Moraza 1999).

En cuanto al ciclo de vida, los ácaros ponen sus huevos en forma individual o en masa, mismos que colocan sobre un hospedero. La hembra puede poner de uno a varios huevos durante un día y a lo largo de su vida como adulto. Prácticamente no existe un cuidado maternal y las hembras depositan los huevos en grietas, como estrategia para proteger su progenie, aunque algunas especies los fijan al sustrato con seda u otras secreciones (bada-uk 2017).

El ciclo vital de las garrapatas varía según la especie, y requieren de uno a múltiples hospederos para completarlo, los cuales pueden ser la mayoría de los mamíferos, algunas aves, lagartijas, víboras, tortugas y, en ocasiones, algunas especies de anfibios (Klompen 2005). Las hembras aumentan de tamaño después de ingerir sangre por 5 a 13 días, luego se desprenden del hospedero, y los siguientes 14 a 41 días depositan de 2 mil a 8 mil huevos, ovales y pardos; finalmente mueren, de 3 a 36 días después de la puesta de los huevos, los cuales eclosionan al cabo de 2 a 7 semanas.

Diversidad

En el mundo se reportan 31 240 especies de ácaros, y para México entre 2 343 (Delfín *et al.* 2010) y 2 625 (Pérez *et al.* 2014). En el apéndice 15 se presenta el listado de ácaros reportados para el estado, que comprende una subclase y cuatro órdenes, agrupados en 12 familias, 30 géneros y 52 especies. Abarca tanto ácaros de importancia agrícola, por ejemplo *Tetranychus urticae* y *T. cinnabarinus*, como de importancia médico-veterinaria, entre los cuales resalta la garrapata *Amblyomma americanum*.

Importancia

La importancia de este grupo radica en las relaciones que establecen con otros seres vivos (animales, plantas y hongos) entre las que destacan diferentes tipos de simbiosis: foresia, comensalismo y parasitismo (Pérez *et al.* 2014).

Algunos ácaros son importantes en los ecosistemas, ya que participan en el reciclado de nutrientes en los suelos forestales (Krantz 2009), y otros funcionan como depredadores de otros invertebrados que alcanzan la condición de plagas en cultivos agrícolas (Pérez *et al.* 2014). Los ácaros, en particular las garrapatas, tienen importancia médica, ya que pueden causar o transmitir enfermedades como la sarna, infecciones por ricketsias, parasitosis y alergias, entre otras. Debido a su distribución mundial y a su capacidad de encontrarse en la mayoría de los hábitats, pueden afectar a humanos, plantas, animales domésticos y silvestres (Walter y Shaw 2005).

En México se han identificado 77 especies de garrapatas, entre las que destacan especialmente *Boophilus microplus, B. annulatus* y *Amblyomma cajennense*, por su importancia para el ganado bovino, ya que además de molestas y dolorosas, las picaduras transmiten graves enfermedades que pueden afectar la actividad ganadera, al provocar el decremento en la producción de carne y leche (SAGARPA 2011). En Coahuila se han identificado seis especies de garrapatas, que se distribuyen en la mayor parte del estado (apéndice 15).

Las garrapatas representan un importante factor de riesgo en la explotación ganadera (Gallardo y Morales 1999), ya que causan pérdidas económicas dentro de esta actividad en todo México. Esto es debido a la pérdida de peso, disminución de la fertilidad y daños en la piel que provocan en el ganado, así como también algunas enfermedades –como la babesiosis y la anaplasmosis– que pueden transmitir, por lo cual se requiere invertir en tratamientos anti-garrapatas (García 2010).

Conclusión

En la entidad, al igual que en el país, no se cuenta con estudios que profundicen sobre la importancia de los ácaros y las garrapatas. Existen diferentes factores que influyen en la baja riqueza de especies de la subclase Acari en México en comparación a otros grupos de animales artrópodos. El estudio de los ácaros, a diferencia de lo que ocurre con el resto de los arácnidos, presenta dificultades metodológicas tanto en su colecta como en su procesamiento para microscopía, lo que provoca una mayor inversión de tiempo en el trabajo faunístico taxonómico. Aunado a ésto, el número de acarólogos en México es reducido, si se compara con el de entomólogos, por citar un ejemplo.

Aun así, los ácaros representan un objeto de estudio con un potencial impresionante dentro de la investigación sobre biodiversidad para México y, en especial, para Coahuila, no sólo por el hecho de que sean atractivas las estimaciones sobre el número de especies nuevas por describir, sino también por el conocimiento generado por los niveles jerárquicos en que se pueda manejar su diversidad ecológica.

Referencias

CONABIO. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Enciclovida. 2016. En: <*http://bios.conabio.gob.mx/especies/10007505*>, última consulta: octubre de 2016.

BADA-UK. Borreliosis and Associated Diseases Awareness UK. 2017. En: <*http://www.bada-uk.org/life-cycle*>, última consulta: marzo de 2017.

Delfín, H., V. Meléndez, P. Manrique *et al.* 2010. Arácnidos y ácaros. En: *Biodiversidad y desarrollo humano en Yucatán*. R. Durán y M. Méndez (eds.). Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY)/Programa de Pequeñas Donaciones (PPD)-Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM)/CONABIO/Secretaría de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente de Yucatán (SEDUMA), Yucatán, pp. 218-219.

Estrada-Peña, A. 2015. Clase Arachnidae. Orden Ixodida: las garrapatas. *Revista IDE@-SEA* 13:1-15.

Fernández, M. y Z. García. 1996. *Control químico de la garrapata Boophilus microplus del ganado*. Publicación especial no. 4. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)/Fundación Produce de San Luis Potosí, San Luis Potosí.

Gallardo, J.S. y J. Morales. 1999. Incidencia de *Boophilus microplus* (Canestrini) y *Amblyomma cajennense* y dinámica poblacional de *B. microplus* (Acari: Ixodidae) en el municipio Morán, estado Lara. *Bioagro* 11(2):51-60.

García Vázquez, Z. 2010. Garrapatas que afectan al ganado bovino y enfermedades que trasmiten en México. *1er. Simposium de Salud y Producción de Bovinos de Carne en la Zona Norte-Centro de México*. INIFAP, Aguascalientes.

Iraola, V. 2001. Introducción a los ácaros: hábitats e importancia para el hombre. *Aracnet 7-Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa* 28:141-146.

Kettle, D.S. 1990. *Medical and veterinary entomology*. CAB International. Reino Unido.

Klompen, H. 2005. Ticks, the Ixodida. En: *Biology of disease vectors*. H. Marquardt (ed.). Elsevier Academic Press, EUA, pp. 45-55.

Krantz, G.W. 1971. The mites of Quintano Roo II. *Actacarus giganteus*, a new species of arenicolous mite (Prostigmata: Halacaridae) from the caribbean coast. *Annals of the Entomological Society of America* 64:594-598.

Krantz, G.W. 2009. Habits and habitats. En: *A manual of acarology*. G.W. Krantz y D.E. Walter (eds.). Texas Tech University Press, Texas, pp. 64-82.

Moraza, M.L. 1999. Evolución y filogenia de Arthropoda. Sección III: Artropodiana. *Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa* 26:281-292.

NCBI. National Center for Biotechnology Information. 2016. Información taxonómica para Acari. En: <*https://www.ncbi.nlm.nih.gov/Taxonomy/Browser/wwwtax.cgi?id=6933*>, última consulta: septiembre de 2016.

Norton, R.A., J.B. Kethley, D.E. Johnson y B.M. O´Connor. 1993. Phylogenetic perspectives on genetic systems and reproductive modes of mites. En: *Evolution and diversity of sex ratio in insects and mites*. D.L. Wrensch y M.A. Ebbert (eds.). Chapman and Hall, Nueva York, pp. 8-99.

Pérez, T.M., C. Guzmán-Cornejo, G. Montiel-Parra *et al*. 2014. Biodiversidad de ácaros en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85:S399-S407.

Rodríguez, R.I. y J.L. Domínguez. 1998. Grupos entomológicos de importancia veterinaria en Yucatán, México. *Revista Biomédica* 9:26-37.

SAGARPA. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 2011. Mejora Chihuahua estatus zoosanitario; fortalece actividad ganadera. En: <*http://www.sagarpa.gob.mx/saladeprensa/boletines2/2011/abril/Documents/2011B205.pdf*>, última consulta: febrero de 2017.

Walter, D. y M. Shaw. 2005. Mites and disease. En: *Biology of disease vectors* . W. Marquardt (ed.). Elsevier Academic Press, EUA, pp. 25-44.

Cucarachas de Torreón

Sergio Hernández Rodríguez

Descripción

Las cucarachas son insectos muy primitivos, sus antepasados vivieron desde el periodo Carbonífero, hace más de 350 millones de años (m.a.; Ogg *et al*. 2007). Estos insectos son omnívoros, se alimentan de cualquier materia orgánica, ya sea cruda o procesada (Kramer y Brenner 2009). Son caminadores y corredores que usualmente pueden reconocerse por su forma oval aplanada, con la cabeza dorsalmente cubierta por el pronoto, antenas largas, delgadas y con muchos segmentos. Tienen patas largas con espinas y alas bien desarrolladas, aunque algunas especies las tienen reducidas o carecen de ellas (Domínguez 1994).

Diversidad

Se han registrado aproximadamente 4 mil especies de cucarachas en el mundo (Kramer y Brenner 2009), de la cuales 156 se registran en México (Estrada-Álvarez 2013). Para Coahuila existe poca información documental de estos insectos, y los estudios que se tienen sobre cucarachas se han realizado únicamente en la Comarca Lagunera. En el municipio de Torreón se registraron seis especies (cuadro 1, apéndice 16; Hernández-Rodríguez *et al*. 2013), mientras que en Viesca se reportan sólo tres (cuadro 1, Cabrera-Trejo 2013).

Estos registros corresponden únicamente a la subprovincia Del Bolsón de Mapimí, las restantes subprovincias carecen de estudios e información acerca de estos insectos. Cabe señalar que las cucarachas reportadas para Coahuila son especies introducidas procedentes de Asia, África y de la región Indo-Malaya (Smith y Whitman 1992).

Aunque las cucarachas se pueden encontrar en una gran diversidad de hábitats relacionados con actividades humanas, tales como casas habitación, industrias, escuelas, oficinas, redes de drenaje sanitario, jardines, debajo de macetas, en hojarasca, entre otros sitios, la mayoría de estos insectos son silvestres, viven en árboles vivos o muertos y macro fauna (Hoberman 2007) y no están directamente asociados con el ser humano; pocas especies se desarrollan alrededor de casas habitación y sólo algunas cucarachas presentan una fuerte asociación con los ambientes urbanos (Smith y Whitman 1992).

Hernández-Rodríguez, S. 2018. Cucarachas de Torreón. En: *La biodiversidad en Coahuila. Estudio de Estado*, vol. ii. conabio/ Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza, México, pp. 233-237.

Cuadro 1. Cucarachas en los municipios de Torreón y Viesca.

Orden	Suborden	Familia	Subfamilia	Especie	Nombre común	Torreón		Viesca
						Urbana	Rural	Urbana
Blattodea*	Blattaria	Blattidae	Blattinae	*Periplaneta americana*	Cucaracha americana	•	•	•
				Blatta lateralis	Cucaracha de Turquía	•		
		Blattellidae	Blattellinae	*Blattella germanica*	Cucaracha germánica	•	•	•
				Blattella asahinai	Cucaracha asiática	•		
		Ectobiidae	Pseudophyllodrominae	*Supella longipalpa*	Cucaracha de bandas cafés	•	•	•
		Blaberidae	Pycnoscelinae	*Pycnoscelus surinamensis*	Cucaracha de Surinam	•	•	

* Sinónimo Dictyoptera.
Fuente: Cabrera-Trejo 2013 y Hernández-Rodríguez *et al*. 2013.

Importancia

Las cucarachas son consideradas como insectos dañinos por contaminar agua, alimento y ser transmisores de hongos, helmintos, protozoarios y bacterias, causantes de enfermedades en animales domésticos y en el ser humano (Cueto-Medina 2013), lo que las convierte en insectos de gran importancia médica. Algunas de las enfermedades que propagan son: salmonelosis, lepra, cólera, micosis, neumonía, difteria, ántrax, tétanos, tuberculosis, toxoplasmosis, diarrea y gripe (Crespo y Valverde 2005).

Sin embargo, en algunos lugares de China, Japón y Australia se han utilizado para el alivio o cura de diferentes padecimientos, como arterosclerosis, gota, dolor de oídos, influenza, nefritis, tétanos, tuberculosis, cirrosis hepática, verrugas, pericarditis, peritonitis, indigestión y vermífugo, posiblemente por la gran variedad de sustancias provenientes de su cuerpo (Vargas 1995).

Las cucarachas silvestres son parte importante del ecosistema, ya que remueven grandes cantidades de madera de la superficie del suelo, con lo cual contribuyen a la fertilidad del mismo (Hoberman 2007). Estos insectos participan en la descomposición de la materia orgánica en los desiertos y otras regiones áridas y semiáridas de Coahuila, y tienen impacto directo y sustancial sobre el flujo de los nutrientes en el medio edáfico, ya que influyen en el drenaje, aireación, mejoramiento microbial y disponibilidad de nutrientes (Hoberman 2007).

Cabe señalar que el papel de las cucarachas no se da directamente en la mineralización del suelo, ya que este proceso es realizado por los microorganismos. Más bien, la función que realizan es poner en contacto la materia orgánica con los microorganismos, al fragmentarla en pequeños trozos y exponerla en forma de desechos, y al transportar microorganismos a nuevas fuentes de materia orgánica (Capinera 2008).

Además, las cucarachas son parte de la red trófica de los ecosistemas, ya que sirven de alimento a otros animales como insectos, aves, reptiles y mamíferos. En algunas partes del mundo se utilizan como comida para el ser humano; por ejemplo, los aborígenes australianos comen cucarachas y sus cápsulas de huevecillos, sean crudas o fritas. En algunas localidades de China y Japón, las personas consumen a la cucaracha australiana (*Periplaneta australasiae*) y a la cucaracha americana (*P. americana*; Vargas 1995).

Estos insectos representan plagas domésticas persistentes en zonas urbanas de todo el mundo y se les puede encontrar en áreas de almacenamiento y preparación de alimentos en hogares, escuelas, hospitales y oficinas (Rust y Reiderson 2007).

En Torreón la cucaracha germánica (*Blattella germanica*, figura 1a), la asiática (*B. asahinai*, figura 1b) y la de bandas cafés (*Supella longipalpa*, figura 1c) son plagas de interior, y se les puede hallar principalmente en baños y cocinas. La cucaracha americana (*P. americana*, figura 2a) y la de Turquía (*Blatta lateralis*, figura 2b), se encuentran en registros de drenajes y cañerías. Por su parte la cucaracha de Surinam (*Pycnoscelus surinamensis*, figura 2c) es una especie de exterior y se localiza en hojarasca, debajo de troncos, piedras y macetas (Hernández-Rodríguez *et al.* 2013).

Acciones de conservación

Aunque las cucarachas son una plaga potencial, en su estado silvestre participan en el buen funcionamiento del ecosistema, ya que tienen un papel importante en la descomposición de la materia orgánica.

Se tiene poco conocimiento de las cucarachas silvestres, por lo cual es importante emprender estudios que permitan conocer las diversas especies en cada uno de los ecosistemas con que cuenta el estado, recopilar más información que permita conocer su historia natural –biología, hábitos, distribución, relación con otros organismos, sean vegetales o animales–, además de su riqueza y abundancia, así como su grado de participación en la descomposición de la materia orgánica.

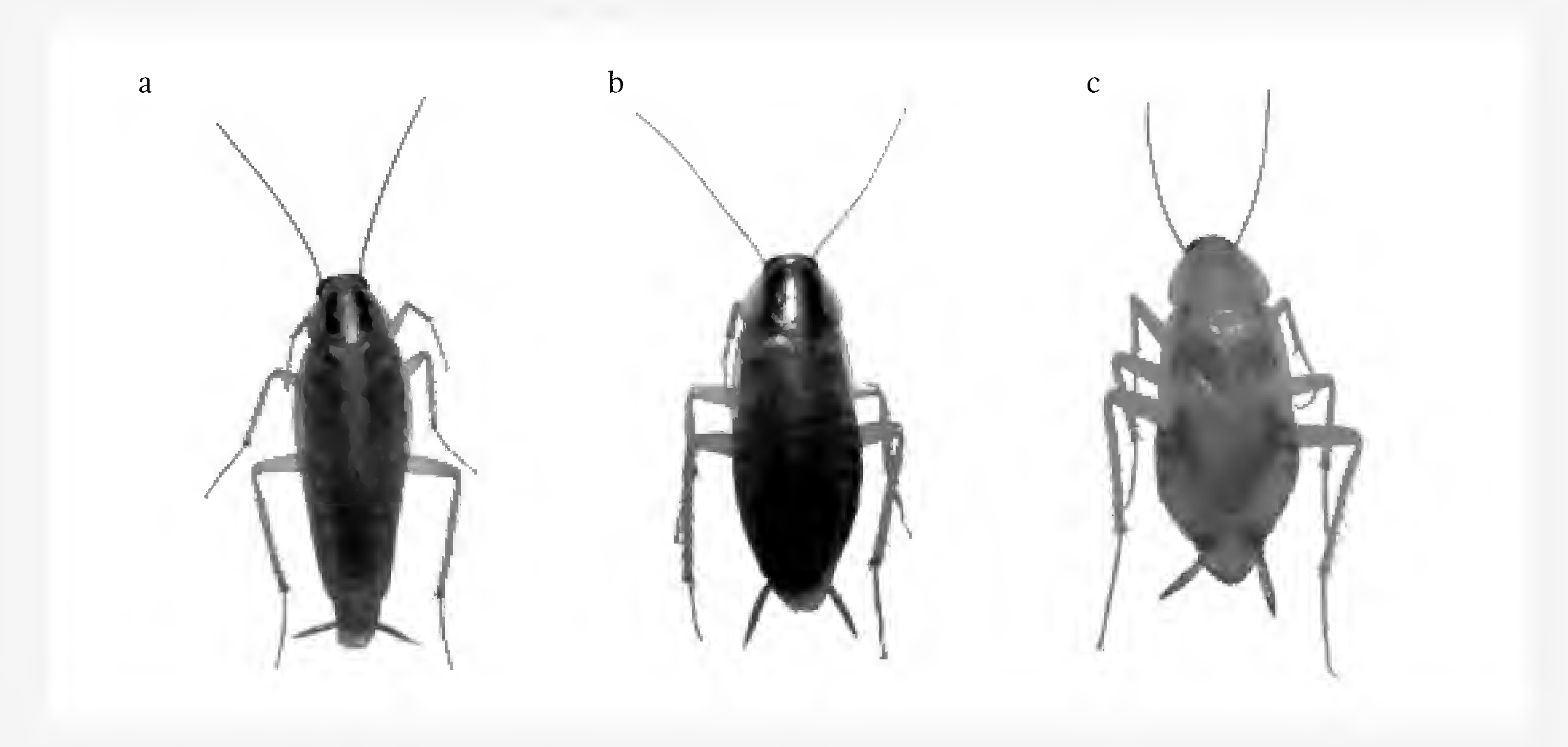


Figura 1. a) Cucaracha germánica (*Blattella germanica*); b) cucaracha asiática (*Blattella asahinai*) y c) cucaracha de bandas cafés (*Supella longipalpa*). Fotos: Sergio Hernández R.

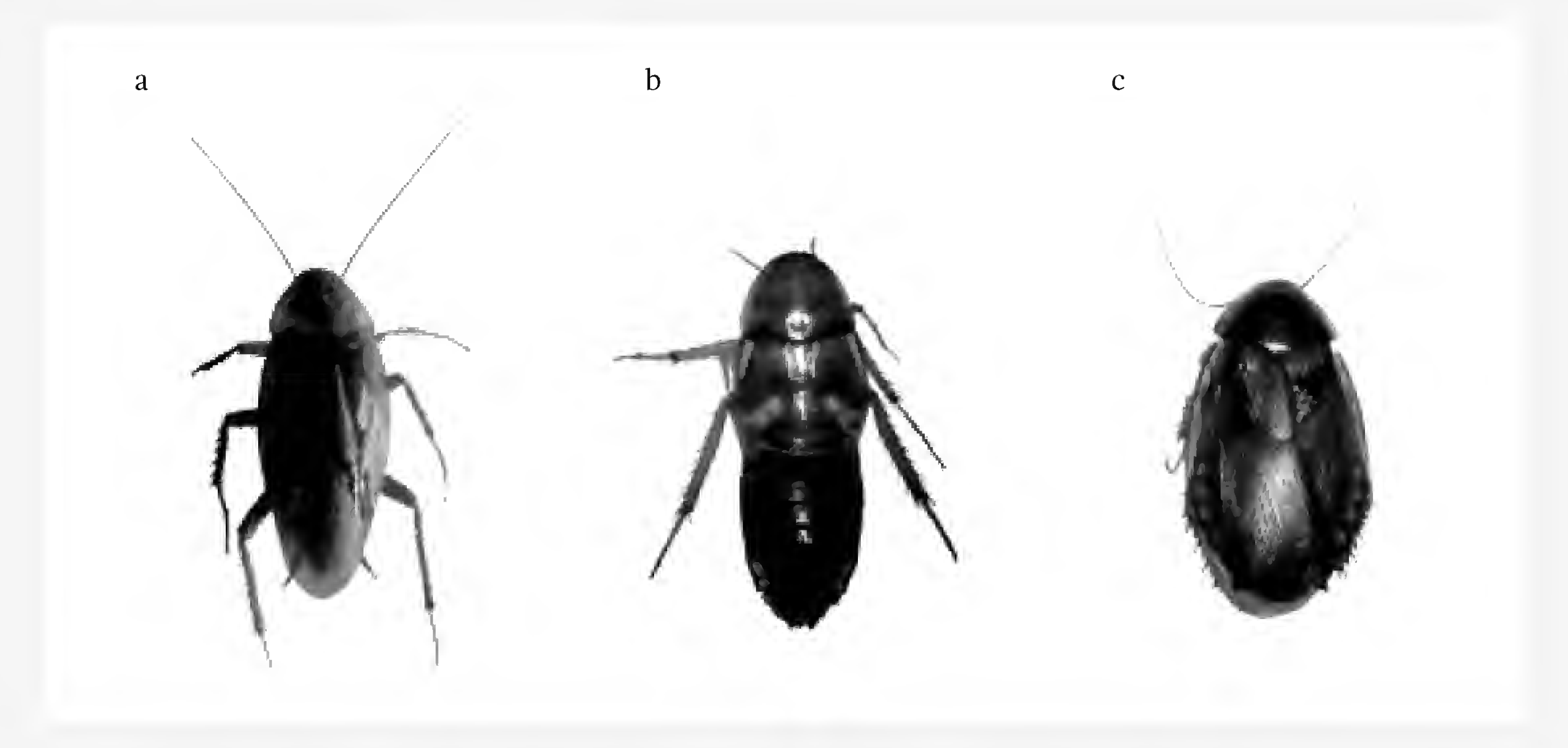


Figura 2. a) Cucaracha americana (*Periplaneta americana*); b) cucaracha de Turquía (*Blatta lateralis*) y c) cucaracha de Surinam (*Pycnoscelus surinamensis*). Fotos: Sergio Hernández R.

Evitar disturbios a los ecosistemas permitirá conservar el hábitat de estos insectos, lo que de manera recíproca se verá reflejado en el buen funcionamiento de cada ecosistema.

Conclusión

No se cuenta con estudios sobre cucarachas silvestres para el estado, por lo cual es necesario iniciar investigaciones sobre este grupo de insectos. Los pocos estudios disponibles se enfocan en especies de importancia urbana, las cuales son consideradas como una plaga.

El control de las poblaciones de cucarachas urbanas permitirá evitar la transmisión de agentes patógenos causantes de enfermedades; para ello resulta de gran ayuda la revisión de aparatos electrodomésticos, muebles y envases de insumos, a fin de evitar la introducción de estas especies a los hogares. La limpieza juega un papel esencial para el control de cucarachas ya que, al ser omnívoras, consumen todo residuo alimenticio.

Referencias

Cabrera-Trejo, G.M. 2013. *Cucarachas en el área urbana de Viesca, Coahuila*. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN)-Unidad Laguna, Coahuila.

Capinera, J.L. (ed.). 2008. *Encyclopedia of entomology*. Springer, EUA.

Crespo, F.A. y A.C. Valverde. 2005. *Blattaria*, cucarachas. En: *Artrópodos de interés médico en Argentina*. Óscar D. Salomón (ed.). Editorial Fundación Mundo Sano/ Centro Nacional de Diagnóstico e Investigación en Endemoepidemias (CENDIE)/Administración Nacional de Laboratorios e Institutos de Salud (ANLIS)/Ministerio de Salud y Ambiente de la Nación, Buenos Aires, pp. 107-113.

Cueto-Medina, S.M. 2013. *Detección de Salmonella spp. mediante* PCR *en Periplaneta americana Linneo de la zona urbana en Torreón, Coahuila, México*. Tesis de maestría. UAAAN-Unidad Laguna, Coahuila.

Domínguez, R.R. 1994. *Taxonomía* I, *protura a homóptera, claves y diagnosis*. Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma de Chapingo, Estado de México.

Estrada-Álvarez, J.C. 2013. Primera lista de las cucarachas de México (Dictyoptera: Blattodea). *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa* 53:267-284.

Hernández-Rodríguez, S., A.I. Ortega-Morales, M.T. Valdés-Perezgasga *et al.* 2013. Nuevos registros de cucarachas ur-

banas en Torreón, Coahuila, México (Insecta: Blattodea). *Acta Zoológica Mexicana* (NS) 29(2):428-430.

Hoberman, M.A. 2007. Ecological impact. En: *Cockroaches ecology, behavior and natural history*. W.J. Bell, L.M. Roth y C.A. Nalepa (eds.). The Johns Hopkins University Press, EUA, pp. 165-167.

Kramer, D.R. y J.R. Brenner. 2009. Cockroaches. En: *Medical and veterinary entomology*. G.R. Mullen y L.A. Durben (eds.). Academic Press, California, pp. 43-57.

Ogg, B., C. Ogg, D. Ferraro y D. Jefferson. 2007. *Manual para el control de cucarachas*. University of Nebraska-Lincoln Extension, EUA.

Rust, M.K. y D.A. Reiderson. 2007. *Cockroaches integrated pest management for home gardeners and landscape professionals*. UC Statewide IPM Program, University of California, EUA.

Smith, H.E. y C.R. Whitman. 1992. *Field guide to structural pest*. National Pest Control Association Inc., EUA.

Vargas, V.M. 1995. *La cucaracha, un curioso insecto (Dictyoptera: Blattaria)*. Comisión Editorial de la Universidad de Costa Rica, Costa Rica.

Termitas del área urbana de Torreón

Sergio Hernández Rodríguez

Descripción

Las termitas son insectos sociales que pertenecen al orden Isoptera y se encuentran principalmente en el suelo o la madera. Se caracterizan por ser de tamaño pequeño a mediano, con una longitud de 3 a 10 mm, de cuerpo blando y usualmente de colores pálidos, más oscuros en termitas aladas (Triplehorn y Johnson 2005).

Estos insectos forman colonias de hasta un millón de individuos con alas o sin ellas (figura 1a). Cada colonia está organizada en grupos conocidos como castas (Pacheco 1994). Generalmente en cada colonia hay cuatro castas: reproductores, reproductores suplementarios, obreros y soldados (figura 1b). Algunas colonias de las especies pertenecientes a la familia Termitidae cuentan con una quinta casta que son los nasutes, que se caracterizan por presentar la parte anterior de la cabeza en forma de un pico angosto, por medio del cual se exuda una secreción pegajosa.

Cada una de las castas tiene funciones diferentes en la colonia (Domínguez 1994). Los reproductores son la única casta que tiene su sistema reproductor desarrollado; su función es copular y dar origen a nuevos individuos de la colonia. Los reproductores suplementarios son termitas aladas potencialmente reproductivas, cuya capacidad está inhibida por la feromona liberada por la reina; la función de esta casta es suplir a la reina si muere o si decrece el número de huevos.

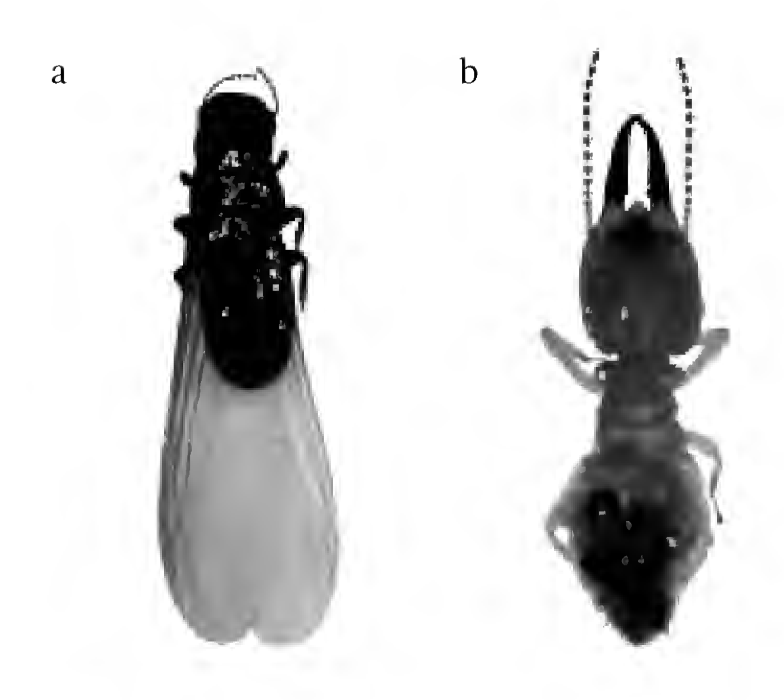


Figura 1. a) Termita alada que muestra su coloración oscura y sus alas transparentes; b) termita casta soldado en la que se notan mandíbulas grandes y cabeza en forma de huevo. Fotos: Sergio Hernández R.

Hernández-Rodríguez, S. 2018. Termitas del área urbana de Torreón. En: *La biodiversidad en Coahuila. Estudio de Estado*, vol. II. CONABIO/Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza, México, pp. 239-243.

Las obreras constituyen la casta más numerosa de la colonia y realizan la mayor parte del trabajo: localizan el alimento; alimentan a la reina, a los soldados y a los individuos inmaduros; edifican nidos, túneles y galerías; y causan los mayores daños a plantas (figura 2) y mobiliario. Las termitas soldado actúan específicamente como defensoras de la colonia en contra de sus enemigos.

Los nasutes son una casta exclusiva del género *Nasutitermes*, cuya función es parecida a la de los soldados, es decir, la defensa de la colonia (Bennett *et al.* 1996), pero difieren de ellos por la protuberancia puntiaguda de la cabeza, mientras que los soldados presentan cabeza de forma rectangular u ovalada (Domínguez 1994).



Figura 2. Daño por termita subterránea en vid *Vitis vinifera*. Se puede observar el poco follaje que presenta la planta, así como el daño causado en el tronco. Foto: Sergio Hernández R.

Las termitas son insectos xilófagos (consumidores de madera), por lo que la celulosa es su alimento principal (Marer *et al.* 1993), y son capaces de transformar en humus residuos orgánicos con celulosa (Bennett *et al.* 1996). La mayoría de las termitas tienen protozoarios en su tracto digestivo, que secretan enzimas para digerir el alimento, y de esta manera convierten la celulosa de la madera en azúcar. Las ninfas recién emergidas no tienen dichos protozoarios, pero los adquieren al alimentarse del excremento de otros miembros de la colonia (Marer *et al.* 1993).

Diversidad y distribución

Existen aproximadamente 2 800 especies de termitas en todo el mundo (Constantino y Acioli 2006). En México se han identificado 63 especies distribuidas en todo el país, desde el norte en climas templados, hasta el sur en climas tropicales (Cancello y Miles 2000). Se han reportado importantes infestaciones por termitas en las ciudades de Acapulco, Cancún, Manzanillo, Mexicali, Monterrey, Uruapan, Veracruz y Tampico (Cancello y Myles 2000).

Para Coahuila existen pocos trabajos sobre termitas, y hasta el momento sólo se han documentado tres especies de distribución cosmopolita (cuadro 1). El primer reporte lo realizaron Cancello y Myles (2000), quienes mencionan que en Coahuila –sin especificar la localidad o municipio– se encuentra una especie subterránea del género *Reticulitermes* y la termita del desierto *Gnathamitermes tubiformans*, que muy probablemente se distribuye en el Desierto Chuihuahuense y consume plantas nativas (Domínguez 1994).

El segundo reporte lo realizó Acevedo-Muñóz (2012), quien señala a la termita formosa (*Coptotermes formosanus*) como causante del daño a plantas de jardín en el área urbana de Torreón (subprovincia Del Bolsón de Mapimí).

Cuadro 1. Termitas reportadas en Coahuila.

Familia	Especie	Nombre común	Ubicación de colecta
Orden Isoptera			
Rhinotermitidae	*Reticulitermes* sp.	Termita subterránea	No se reporta la localidad
Rhinotermitidae	*Coptotermes formosanus**	Termita formosa	No se reporta la localidad
Termitidae	*Gnathamitermes tubiformans*	Termita del desierto	Torreón

*Exótica.
Fuente: Cancello y Myles 2000, Acevedo-Muñoz 2012.

Importancia

La mayor parte de las especies de termitas juegan un papel benéfico en los ecosistemas, como degradadores de desechos de madera y plantas, así como en el procesamiento de materia orgánica y el reciclamiento de nutrientes, por lo que se consideran como un eslabón clave dentro de la red trófica (Hernández 2006). Asimismo contribuyen al acondicionamiento físico y químico del suelo, pues con la construcción de galerías, las termitas producen macroporos que incrementan la capacidad de infiltración del agua de lluvia y se reducen los escurrimientos superficiales (Canessa y Berrocal 2006, Hernández 2006).

Las termitas son los invertebrados más importantes en la descomposición de la materia orgánica en los desiertos del norte de México, y no es aventurado decir que la mayor parte de la descomposición en estos ecosistemas desérticos se efectúa en el intestino de las termitas.

Si estos organismos no existieran en los desiertos, habría una acumulación gradual de materia vegetal rica en celulosa que ocuparía el espacio disponible y limitaría el crecimiento de las plantas por falta de áreas libres y nutrientes (Hernández 2006). Además, por su alta producción de individuos, son una gran fuente de alimento para aves, reptiles y mamíferos (Stork y Eggleton 1992).

Por otra parte las termitas son plagas urbanas de importancia económica, ya que dañan estructuras de madera (figura 3) en el interior y el exterior de casas habitación, muebles, postes y especies vegetales (Marer *et al.* 1993). Acevedo-Muñoz (2012) encontró que en Torreón la termita formosa es la responsable de causar daños a diversas plantas de ornato, árboles y césped en los jardines del área urbana.

Los síntomas que presentan los individuos vegetales atacados por la termita formosa varían según el grado de afectación, e incluyen: amarillamiento, disminución de área foliar, muerte de troncos y ramas, presencia de churros de tierra y, finalmente, la muerte (figura 3). Esta termita no forma churros de tierra en el césped, el daño lo hace a manera de manchones, de forma similar a lo observado cuando hay deficiencia de agua o daño por enfermedad (Acevedo-Muñoz 2012).

Conclusión

A pesar de que las termitas son insectos destructores de madera y en el área urbana pueden ser plagas potenciales en casas-habitación y jardines, en las áreas silvestres cumplen funciones importantes de las cuales puede depender la salud del ecosistema.



Figura 3. Daño producido por termitas en un fresno (*Fraxinus excelsior*). Se puede observar el avanzado proceso de muerte del árbol, con una notoria caída de la corteza y la presencia de galerías producidas por las termitas. Foto: Sergio Hernández R.

Debido a la poca información que se tiene sobre este grupo de insectos y el estado que guarda su diversidad, es necesario realizar estudios que permitan conocer las especies que se distribuyen en Coahuila, así como la recopilación de más información sobre su historia natural: biología, hábitos, distribución, relación con organismos vegetales y animales, entre otros aspectos.

De igual forma es importante conocer con mayor detalle su capacidad de desintegrar materiales ricos en celulosa. En este sentido sería de gran importancia realizar estudios en zonas específicas, como los desiertos de Coahuila, por la importancia del grupo en la reconstitución de materia orgánica, y exponer la necesidad de minimizar, en lo posible, el impacto ambiental sobre dichos ecosistemas, para mantener su estructura y funcionalidad.

Referencias

Acevedo-Muñóz, E. 2012. *Identificación de especie de termita subterránea que causa daño a plantas de jardín en el área urbana de Torreón, Coahuila*. Tesis de licenciatura. UAAAN-Unidad Laguna, Coahuila.

Bennett, G.W., J.M. Owens y R.M. Corrigan. 1996. *Guía científica de Truman para operaciones de control de plagas*. Universidad de Purdue, Indiana.

Cancello, E. y T.G. Myles. 2000. Isoptera. En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos en México* vol. II. J.E. Llorente-B., E. González S. y N. Papavero (eds.). Facultad de Ciencias-UNAM, México, pp. 295-315.

Canessa, A.A. y A.J. Berrocal. 2006. Las termitas, un enemigo silencioso. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú* 3(8):1-5.

Constantino, R. y A.N.S. Acioli. 2006. Termite diversity in Brazil (Insecta: Isoptera). En: *Soil diversity in amazonian and other brazilian ecosystems*. F.M.S. Moreira, J.O. Siqueira y L. Brussaard (eds.). Centre for Agricultural Bioscience International (CABI) Publishing, EUA, pp. 117-128.

Domínguez, R.R. 1994. *Taxonomía I, protura a homóptera, claves y diagnosis*. Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma de Chapingo, Estado de México.

Hernández, H.M. 2006. *La vida en los desiertos mexicanos*. Fondo de Cultura Económica (FCE)/Secretaría de Educación Pública (SEP)/Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)/Convenio Andrés Bello (CAB), México.

Marer, P.J., M.L. Flint y M.K. Rust. 1993. *Residential, industrial and institutional pest control*. Division of Agriculture and Natural Resources. Publication 3334. University of California. San Ramon, California.

Pacheco, M.F. 1994. *Plagas de los cultivos oleaginosos en México*. Editorial Lito-impresiones Gassos, Sonora.

Stork, N.E. y P. Eggleton. 1992. Invertebrates as determinants and indicators of soil quality. *American Journal of Alternative Agriculture* 7:38-47.

Triplehorn, C.A. y N.F. Johnson. 2005. *Borror and delong´s introduction to the study of insects*. Thomson Brooks/ Cole Cengage Learning, EUA.

Thrips (Thysanoptera)

Oswaldo García Martínez, Roberto Miguel Johansen Naime, José Ángel Villarreal Quintanilla

Descripción

Los thrips o piojos de las plantas son insectos que pertenecen al orden Thysanoptera, cuando son adultos presentan cuerpos delgados, pequeños, con longitud de 1 a 15 mm. Hay especies con alas y otras sin ellas, o bien, con alas cortas, aunque la mayoría las tienen bien desarrolladas, delgadas, alargadas, con pelos como flecos que las rodean, y de esta característica deriva su nombre: *thysano*, fleco, y *ptera*, ala.

Tienen un aparato bucal asimétrico, en forma de cono, con sólo la mandíbula izquierda completa, antenas de cuatro a nueve segmentos y abdomen de 11 segmentos (figura 1). El color de los adultos varía de claro a café o de café obscuro a negro, aunque hay especies con tonalidades blancas, amarillentas o bandeadas (Lewis 1997, Mound y Kibby 2005).

Estos insectos sufren metamorfosis simple, en un ciclo de vida que presenta fases de huevo, ninfa (para algunos larvas) y adulto. En la fase de inmadurez se incluyen dos estados activos, cuando los thrips se alimentan de pequeños artrópodos, líquidos de plantas, granos de polen y esporas; les siguen dos o tres estados inmóviles

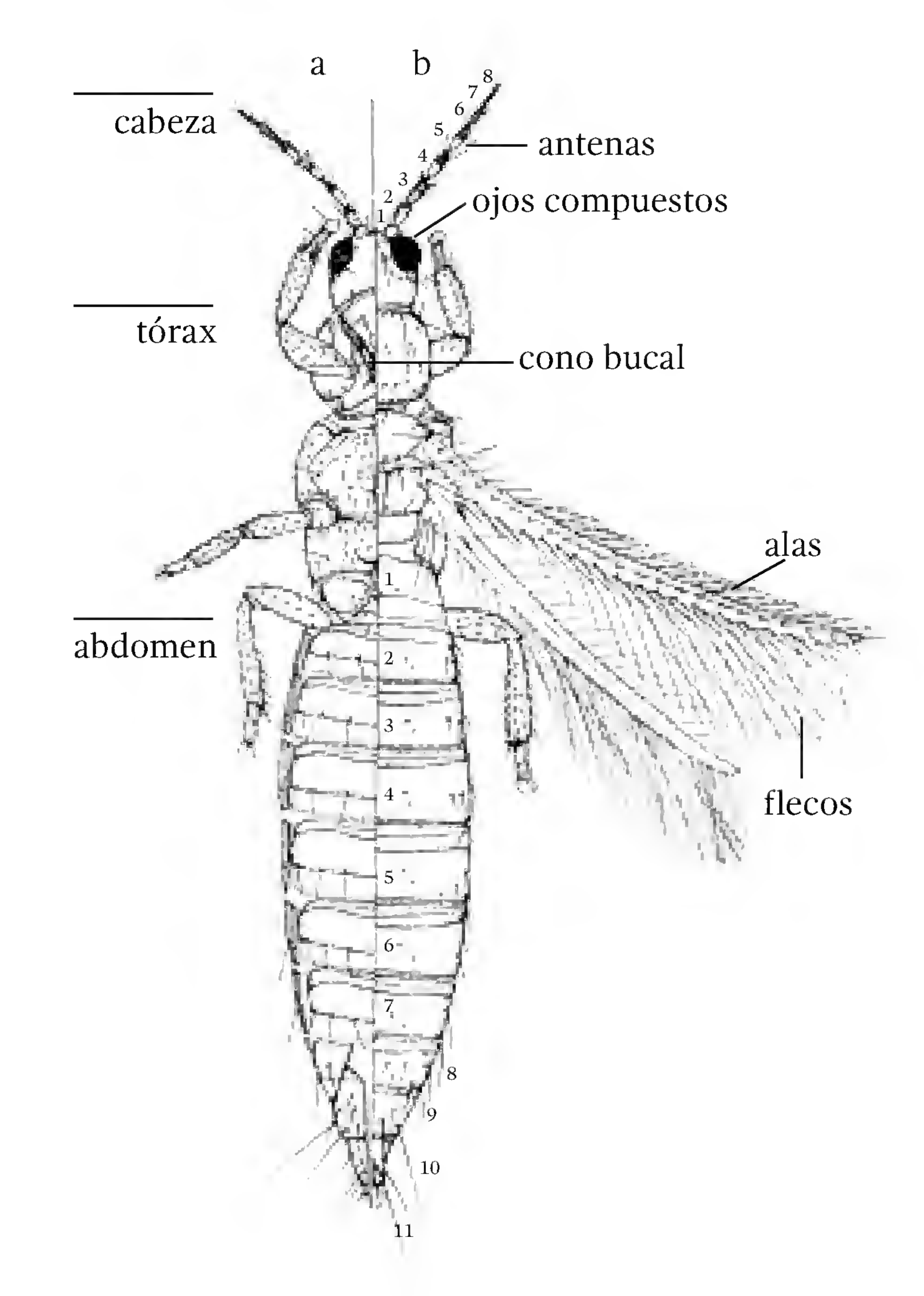


Figura 1. Ilustración de *Frankliniella tenuicornis*, que muestra las características principales de las partes a) ventral y b) dorsal de un adulto típico. Fuente: tomado de Lewis 1997.

García Martínez, O., R.M. Johansen Naime y J.Á. Villarreal. 2018. Thrips (Thysanoptera). En: *La biodiversidad en Coahuila. Estudio de Estado*, vol. II. CONABIO/Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza, México, pp. 245-248.

en los cuales no se alimentan (en Terebrantia, prepupa y pupa; en Tubulifera primipupa, prepupa, pupa) y tienen cambios profundos, razón por la que se prefiere el uso de los términos larva, pupa y prepupa, ya que "ninfa" se aplica a insectos de metamorfosis simple con cambios menos profundos (Lewis 1997).

El ciclo de vida puede completarse en 10 a 30 días, según la temperatura: en áreas con clima caliente, el ciclo se completa en 21 días (Mound y Kibby 2005), y dentro de invernaderos, donde la reproducción puede ser continua, se presentan de 12 a 15 generaciones; mientras tanto, en regiones frías, sólo se presentan una o dos generaciones anuales, respectivamente (Lewis 1997).

Es común encontrar thrips en flores, donde algunas especies como *Frankliniella cephalica y F. gardeniae* (Retana y Rodríguez 2015) actúan como polinizadores y succionan el contenido de células del tejido floral y la base de las anteras. Además se alimentan de frutos en desarrollo, granos de polen, hifas de hongos que crecen sobre humus y en madera en descomposición, esporas de hongos u hojas tiernas o viejas. Algunos thrips son depredadores facultativos, o bien, obligados, de artrópodos pequeños (Lewis 1997).

Diversidad, distribución y conservación

Los thrips tienen distribución mundial en diferentes ecosistemas, agroecosistemas, pastos, cortezas de árboles, arbustos, humus, suelos, entre otros. Se estima que en el mundo existen ocho familias que incluyen 8 mil especies de thrips, de las cuales se conocen 5 mil. En Norteamérica se han descrito 695 especies (Lewis 1997, Mound y Kibby 2005, Triplehorn y Johnson 2005), 650 en México (Johansen y Mojica 2011), 88 en Coahuila (73 identificadas hasta epíteto específico). Las especies recolectadas en la entidad representan 1.1% de la diversidad mundial de thrips, 12.66% de la existente en Norteamérica y 13.53% de la correspondiente a México.

A partir de la información de los trabajos de tesis realizadas en el estado, principalmente con énfasis taxonómico, hay dos nuevos registros de especies de thrips para el país. Con base en la información para Coahuila, se han identificado tres familias del suborden Terebrantia (Aeolothripidae, Heterothripidae y Thripidae) y una del suborden Tubulifera (Phlaeothripidae), que incluyen 26 géneros y 88 especies, de las que 15 están en proceso de descripción como nuevos registros (apéndice 17). Estas cifras indican que la diversidad de thrips es importante en la entidad, no obstante las condiciones ecológicas del Desierto Chihuahuense, en el que se enclava Coahuila.

De acuerdo a la regionalización de subprovincias fisiográficas para el estado, se determinó que Sierras y Llanuras Coahuilenses es la que presenta más diversidad, con 61 especies, mientras que las subprovincias menos diversas son Serranía del Burro y Llanuras de Coahuila y Nuevo León, con 15 y 16 especies, respectivamente (cuadro 1).

La diferencia en el número de especies determinadas en cada subprovincia se atribuye a sus condiciones ecológicas específicas, pero también a las diferencias en los esfuerzos de muestreo y recolecta; por ello, algunos municipios del estado carecen de información para este grupo.

De las especies incluidas en el presente trabajo (apéndice 17), ninguna se incluye en la nom-059-semarnat-2010 y tampoco en los apéndices de cites (2016). No se ha reconocido ninguna especie endémica al estado o a México, y tampoco se conoce alguna especie de thrips amenazada, por lo que no están bajo protección ni son consideradas como un grupo vulnerable.

Cuadro 1. Distribución de thrips en las subprovincias de Coahuila.

Subprovincia Fisiográfica	Familia	Género	Especie
Del Bolsón de Mapimí	3	8	17
Gran Sierra Plegada	4	16	34
Laguna de Mayrán	4	9	20
Llanuras de Coahuila y Nuevo León	3	6	16
Sierras y Llanuras Coahuilenses	4	22	61
Llanuras y Sierras Volcánicas	4	18	41
Pliegues Saltillo-Parras	4	19	51
Serranía del Burro	3	6	15
Sierra de la Paila	4	14	53
Sierras Transversales	4	18	49

Fuente: elaboración propia con datos de Morales 2001, Bautista 2004, Gallardo 2006, Zuñiga *et al.* 2012, Johansen 2017.

Importancia ecológica y económica

Los thrips tienen funciones ecológicas primordiales en los ciclos de nutrientes y el flujo de energía de los ecosistemas, como polinizadores y agentes de control natural y biológico de plagas –otros thrips, arañas rojas, escamas– y malezas, aunque este último aspecto ha sido poco estudiado (Mound y Kibby 2005) y se desconoce su efecto en condiciones locales. Al tener contacto con el ser humano, algunas especies pueden causar irritaciones en la piel de las personas.

La importancia económica de los thrips deriva del perjuicio que causan a los tejidos de las plantas, al alimentarse o actuar como vectores de enfermedades ocasionadas por bacterias y virus (Lewis 1997). Afectan cereales, hortalizas, plantas frutales y ornamentales, además de cultivos de interés comercial, en los que causan heridas, agallas, cicatrices, deformación, distorsión de hojas y deposición de excrementos obscuros en follaje y frutos (Mound y Kibby 2005).

En el frijol causan envés plateado y en el aguacate tejido corchoso. Algunas especies, como *F. occidentalis* y *Thrips tabaci*, transmiten tospovirus que pueden infectar una amplia variedad de plantas, entre las que se incluyen cultivos de valor comercial.

Entre las especies recolectadas en Coahuila están presentes algunas que tienen importancia económica como plagas de cultivos agrícolas; las más nocivas son las ya citadas *F. occidentalis* y *T. tabaci,* especies generalistas, es decir, que perjudican a diversos cultivos. *Frankliniella gossypiana* afecta al algodón *y Caliothrips phaseoli* daña al frijol; otros cultivos en el estado susceptibles al ataque de thrips son flores ornamentales, aguacate criollo, cebolla, ajo, melón, sandía e higo.

Conclusión

Actualmente la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) realiza trabajos taxonómicos para conocer la entomofauna de thrips presentes en la entidad. La recolecta de este grupo de insectos ha sido muy general, en vegetación silvestre y cultivos, y esto se refleja en un conocimiento parcial de la posible diversidad y distribución de los thrips en el estado, lo que deja abiertas las posibilidades para incrementar la lista de especies.

Debido al énfasis taxonómico que se ha dado a los trabajos realizados hasta ahora, se desconocen los efectos negativos que se derivan de la presencia de especies plaga, así como los positivos que producen las especies benéficas presentes en los agroecosistemas de Coahuila; se ignoran también los aspectos biológicos y ecológicos relacionados con estos insectos, por lo que se recomienda realizar nuevos estudios con énfasis en tales aspectos de los Thysanoptera.

Referencias

Bautista, S.J. 2004. *Thysanoptera y sus hospederos en el sur de Coahuila*. Tesis de licenciatura en ingeniería agrónoma parasitóloga. UAAAN, Coahuila.

CITES. Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestres. 2016. Apéndices I, II y III. En: <*https://cites.org/sites/default/files/eng/app/2016/S-Appendices-2016-03-10.pdf*>, última consulta: 12 de enero de 2017.

Gallardo, C.F. 2006. *Especies de thrips asociadas a maleza aledaña a papa (Solanum tuberosum) en Huachichil, Arteaga, Coahuila*. Tesis de licenciatura en ingeniería agrónoma parasitóloga. UAAAN, Coahuila.

Johansen, N., R.M. y G.A. Mojica. 2011. Diversidad de thrips en México. *Métodos en Ecología y Sistemática* 6(3):5-14.

Johansen, N., R.M. 2017. Investigador Titular B, especialista en Thysanoptera. Instituto de Biología-UNAM. Comunicación personal, marzo.

Lewis, T. 1997. *Thrips as crop pest*. Centre for Agricultural Bioscience International (CABI), EUA.

Morales, C.L.B. 2001. *Contribución al conocimiento de los Thysanoptera del estado de Coahuila, México*. Tesis de licenciatura en ingeniería agrónoma parasitóloga. UAAAN, Coahuila.

Mound, L.A. y G. Kibby. 2005. *Thysanoptera an identification guide*. Centre for Agricultural Bioscience International (CABI), EUA.

Retana Salazar, A.P. y J.A. Rodríguez Arrieta. 2015. *Revista Gaditana de Entomología* VI(1):103-112.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el DOF. Texto vigente.

Triplehorn, C.A. y N.F. Johnson. 2005. *Borror and Delong´s introduction to the study of insects*. Thomson Brooks/Cole Cengage Learning, EUA.

Zuñiga, S., J.A., R.M. Johansen N., O. García M. *et al.* 2012. Thysanoptera (thrips) del área protegida de Cuatro Ciénegas, Coahuila, México. *Agraria* 9(3):95-102.

Moscas y escarabajos carroñeros

Fabián García Espinoza y Ma. Teresa Valdés Perezgasga

Descripción

Un cadáver es un recurso trófico que puede ser aprovechado por muchos organismos. Cuando un cuerpo animal se descompone, pasa por una serie de cambios biológicos, químicos y físicos, y es un proceso que induce a una sucesión de colonizaciones con diferente composición faunística, primordialmente de insectos (Anderson 1995, Mavárez-Cardozo *et al.* 2005).

La sucesión de insectos carroñeros, así definidos por su consumo de cadáveres, varía de acuerdo a la temperatura, al hábitat y a la localización geográfica. Esta variación ocurre tanto en los cadáveres al aire libre sobre el suelo como en los que están enterrados, pero la ubicación de los restos determina el tiempo requerido para que los insectos localicen el cadáver, la secuencia de colonización y el ritmo o velocidad de descomposición (Anderson y Van Laerhoven 1996).

Insectos carroñeros

De acuerdo con Anderson (1995), los insectos son frecuentemente los primeros en localizar un cadáver, y los que se alimentan de carroña son tan especializados, que sólo llegan cuando hay condiciones ambientales y bioquímicas idóneas. La presencia de tan sólo algunas especies puede proporcionar información detallada sobre la ubicación, el tiempo y las circunstancias de la muerte de un organismo (Tenorio *et al.* 2003). Esto es de gran utilidad para la entomología forense, técnica con la cual se pueden determinar las condiciones o causas de fallecimiento de los seres humanos.

Entre los órdenes de mayor importancia y abundancia reportados en estudios de sucesión de carroñeros se encuentran: Diptera, Coleoptera e Hymenoptera (García-Rojo 2004, Valdés-Perezgasga 2009).

Moscas carroñeras

Los primeros insectos que llegan a un cuerpo muerto son los dípteros llamados comúnmente "moscas carroñeras". Éstas llegan para ovipositar o larvipositar mientras haya tejido fresco en el cadáver. Las moscas verde-azules (familia Calliphoridae, figura 1), son de las primeras en hacer presencia (García-Rojo 2004, Liria 2006).

García-Espinoza, F. y M.T. Valdés-Perezgasga. 2018. Moscas y escarabajos carroñeros. En: *La biodiversidad en Coahuila. Estudio de Estado*, vol. II. CONABIO/Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza, México, pp. 249-253.

Otras moscas carroñeras importantes y colonizadoras secundarias en esta zona semidesértica de México son las moscas de la carne, que pertenecen a la familia de los sarcofágidos (Sarcophagidae, figuras 2 y 3); presentan comúnmente colores en tonos de gris y negro, en patrones de "ajedrez" o en forma de bandas (Shewell 1987a, b, Byrd y Castner 2010, García-Espinoza *et al.* 2010, García-Espinoza y Valdés-Perezgasga 2012).

Las moscas domésticas mayor (Muscidae) y menor (Fanniidae) también pueden consumir cadáveres o carroña; a este consumo también se integran otras especies tales como un piofílido, la mosca del queso (*Piophila casei*) y un fórido, la mosca jorobada (*Megaselia scalaris*; Valdés-Perezgasga *et al.* 2010).

Con base en la información de Valdés-Perezgasga *et al.* (2010), Vergara (2011) y García-Espinoza y Valdéz-Perezgasga (2014), en Coahuila se han registrado cinco familias, 28 géneros y 33 especies de moscas carroñeras, de las cuales 19 se han identificado hasta el nivel taxonómico de género y sólo 16 especies (apéndice 18). La mayor diversidad se encuentra principalmente en las familias Chrysomyinae, Luciliinae y Sarcophaginae.

En los municipios estudiados en la Comarca Lagunera, así como en la región de Saltillo, se han reportado varios géneros y especies de moscas de las familias Calliphoridae y Sarcophagidae, consideradas las de mayor importancia forense para ambas zonas. Dentro de estas familias se incluyen géneros importantes como *Chrysomya* y *Lucilia*. En el apéndice 18 se pueden consultar las especies de moscas que se han reportado para las regiones antes mencionadas (Valdés-Perezgasga *et al.* 2010, Valdés-Perezgasga y García-Espinoza 2011, Vergara 2011).

Chrysomya rufifacies es una especie que está presente tanto en la Comarca Lagunera (Matamoros, Torreón y San Pedro) como en Saltillo.



Figura 1. Moscas verde-azules de la familia Calliphoridae sobre una necrotrampa (cabeza de cerdo). Foto: Fabián García Espinoza.

a



b

Figura 2. Machos de los géneros a) *Euboettcheria* y b) *Liopygia*. Foto: Fabián García Espinoza.

a



b

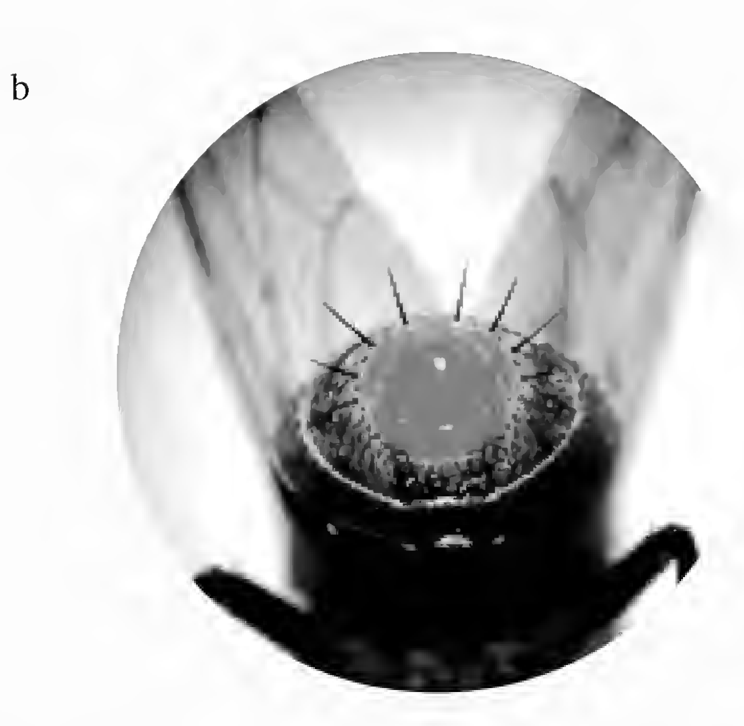


Figura 3. Detalle de la terminalia de hembras de a) *Lyopygia* y b) *Euboettcheria*. Foto: Fabián García Espinoza.

Es muy competitiva, tiene su mayor abundancia en los meses calurosos del año, y presenta hábitos caníbales y depredadores; también puede encontrarse, aunque en menor número, en los meses fríos. Los miembros del género *Lucilia* (figura 4) prefieren los meses de clima frío, y es cuando presentan su mayor abundancia; *L. sericata* y *L. cuprina* son las especies comunes en la época de invierno y principios de la primavera (Valdés-Perezgasga *et al.* 2010, Valdés-Perezgasga y García-Espinoza 2011, Vergara 2011).

En Coahuila los pocos estudios sobre Sarcophagidae, llamadas moscas de la carne, son aún más escasos que los realizados acerca de Calliphoridae. En un estudio hecho por Vergara (2011) en Buenavista, Saltillo, se describieron estas moscas únicamente hasta el nivel taxonómico de familia. Los estudios más detallados se llevaron a cabo por García-Espinoza *et al.* (2010), Valdés-Perezgasga y García-Espinoza (2011), García-Espinoza y Valdés-Perezgasga (2012, 2013, 2014) en los municipios de Matamoros, San Pedro y Torreón, que forman parte de la Comarca Lagunera (apéndice 18).

Esta región del estado sobresale por la riqueza de especies de sarcofágidos, ya que tan sólo en los tres municipios muestreados se lograron recolectar y determinar especímenes pertenecientes a 14 géneros y una especie. Sin embargo, en el presente trabajo (apéndice 18) se proporciona una lista actualizada de los géneros con presencia en esta región (García-Espinoza y Valdés-Perezgasga 2012).



Figura 4. Espécimen de *Lucilia* sp. (Sarcophagidae) en una jaula connecrotrampas, para un experimento en la primavera de 2011. Foto: Fabián García Espinoza.

Escarabajos necrófagos

Estos insectos ocupan el primer lugar en cuanto a número de especies descritas en los hexápodos (organismos con tres pares de patas; Gullan y Cranston 2010). Algunas familias de estos insectos, comúnmente conocidos como escarabajos, forman otro grupo importante de carroñeros (Byrd y Castner 2010). Cuando un animal fallece,

poco después de la llegada de las moscas aparecen diversos escarabajos, que pueden buscar las larvas depositadas por las moscas para alimentarse de ellas, o consumir el tejido blando y la piel del cadáver (figura 5).

Con base en la información de Valdés-Perezgasga *et al.* (2010), se describe la lista de escarabajos carroñeros para Coahuila. Se reportan nueve familias y cuatro géneros (apéndice 18), y únicamente se han identificado dos especies: *Necrobia rufipes* y *Dermestes maculatus*. La diversidad de los escarabajos carroñeros ha sido estudiada y consignada hasta la fecha únicamente en el estudio arriba citado.

Los integrantes de las familias Dermestidae, Cleridade, Histeridae y Staphylinidae son los más abundantes en estudios de sucesión de fauna necrófaga, de acuerdo con Valdés-Perezgasga *et al.* (2010) en una investigación llevada a cabo en Torreón.



Figura 5. Escarabajos carroñeros; algunos son de hábitos depredadores, como es el caso de *Necrobia rufipes* (Coleoptera: Cleridae). Foto: Fabián García Espinoza.



Figura 6. Ácaros foréticos en un escarabajo del género *Dermestes* sp. Foto: Ma. Teresa Valdés-Perezgasga.

Importancia

El estudio de insectos carroñeros va más allá del conocimiento de la diversidad. Su importancia radica también en conocer las interrelaciones que se dan entre ellos o, incluso, con otros organismos no insectos con los que conviven; tal es el caso de la foresía, un fenómeno común entre ácaros y escarabajos (figura 6), el cual consiste en que los ácaros utilizan a los escarabajos para transportarse. En estudios sobre insectos sarcosaprófagos en la Comarca Lagunera se observaron ácaros sobre el cuerpo de coleópteros del género *Dermestes* y sobre moscas del género *Amobia* (*Macronychia*).

Los insectos carroñeros, a su vez, son excelentes descomponedores de materia orgánica, un rol importante en la naturaleza, ya que de esta manera se reintegran al suelo nutrimentos que lo enriquecen, además de que, en principio, estos organismos se vuelven los limpiadores de los ecosistemas por excelencia. Por un lado tienen importancia como herramienta legal en la entomología forense, pues ayudan a establecer tiempo, lugar o causa de muerte y, por otro lado, es necesario decir que se encargan de "hacer polvo" y devolver a la tierra naturalmente los nutrientes extraídos de ella.

Conclusión

Es indispensable estudiar no sólo la taxonomía sino la biología y ecología de cada una de las especies encargadas de la desintegración de

materia orgánica, ya que como muchos autores señalan, un cadáver es un ecosistema y, como tal, deben estudiarse sus componentes y procesos.

Es escaso el conocimiento de la biología, ecología y taxonomía de los insectos carroñeros en Coahuila, por lo que se necesita realizar más estudios para conocer su diversidad. Tales estudios deberían abarcar no sólo los ecosistemas o ambientes urbanos y/o aquellos donde el ser humano ha tenido actividad, sino también los ambientes con poca o ninguna interferencia humana, para conocer así a los carroñeros nativos.

Como ya se ha dicho, los cadáveres se convierten en micro-ecosistemas, aunque de corta duración, ricos en diversidad y relaciones bióticas. Son grandes los beneficios que aportan al planeta los insectos carroñeros, pues si no existieran se apilarían los cuerpos muertos, generarían pestilencia y se acumularía infinidad de basura orgánica.

Referencias

Anderson, G.S. 1995. The use of insects in death investigations: an analysis of forensic entomology cases in British Columbia over a five year period. *Canadian Society of Forensic Science Journal* 28(4):277-292.

Anderson, G.S. y S.L. Van Laerhoven. 1996. Initial studies on insect succession on carrion in southwestern British Columbia. *Journal of Forensic Sciences* 41(4):617-625.

Byrd, H.J. y J.L. Castner. 2010. *Forensic entomology: the utility of arthropods in legal investigations*. CRC Press, Florida.

García-Espinoza, F. y M.T. Valdés-Perezgasga. 2012. Listado de géneros de la familia Sarcophagidae (Diptera) asociados a carroña en Torreón, Coahuila. *Entomología Mexicana* 11:897-901.

García-Espinoza, F. y M.T. Valdés-Perezgasga. 2013. Morfología externa de *Liopygia* Enderlein, 1928, (Diptera: Sarcophagidae), género de importancia forense en la Comarca Lagunera. *Entomología Mexicana* 12:839-844.

García-Espinoza, F. y M.T. Valdés-Perezgasga. 2014. Contribución al conocimiento de los sarcofágidos (Diptera: Sarcophagidae) de Torreón, Coahuila. *Entomología Mexicana* 13:892-897.

García-Espinoza, F., M.T. Valdés-Perezgasga, E. Pastrana Ortíz y B.A. Cisneros Flores. 2010. Identificación y abundancia estacional de géneros de la familia Sarcophagidae (Diptera) sobre carroña de cerdo en un área semidesértica de Coahuila. *Folia Entomológica Mexicana* 48(3):151-160.

García-Rojo, A.M. 2004. Estudio de la sucesión de insectos en cadáveres en Alcalá de Henares (Comunidad Autónoma de Madrid) utilizando cerdos domésticos como modelos animales. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa* (34):263-269.

Gullan, P.J. y P.S. Cranston. 2010. *The insects. An outline of entomology*. Wiley-Blackwell. A John Wiley & Sons Ltd. Malasia.

Liria S., J. 2006. Insectos de importancia forense en cadáveres de ratas, Carabobo-Venezuela. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública* 23(1):33-38.

Mavárez-Cardozo, M.G., A.I. Espina de Fereira, F.A. Barrios-Ferrer y J.L. Fereira-Paz. 2005. La entomología forense y el Neotrópico. *Cuadernos de Medicina Forense* 11(39):23-33.

Shewell, G.E. 1987a. Calliphoridae. En: *Manual of nearctic Diptera* vol. 2. J.F. McAlpine, B.V. Peterson, G.E. Shewell (coords.). Biosystematics Research Center, Canada, pp. 1133-1146.

Shewell, G.E. 1987b. Sarcophagidae. En: *Manual of nearctic Diptera* vol. 2. J.F. McAlpine, B.V. Peterson, G.E. Shewell (coords.). Biosystematics Research Center, Canada, pp. 1159-1186.

Tenorio, F.M., J.K. Olson y C.J. Coates. 2003. Decomposition studies, with a catalog and descriptions of forensically important blow flies (Diptera: Calliphoridae). *Southwestern Entomologist* 28(1):37-45.

Valdés-Perezgasga, M.T. 2009. *Estudio inicial de insectos sobre carroña de cerdo en un área semidesértica de Coahuila*. Tesis de doctorado. UAAAN-Unidad Laguna, Coahuila.

Valdés-Perezgasga, M.T. y F. García-Espinoza. 2011. Clave taxonómica para identificación de califóridos (Diptera: Calliphoridae) de importancia forense en Torreón, Coahuila. En: *1er. Congreso de Diversidad Biológica de la Comarca Lagunera*. Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED), Durango.

Valdés-Perezgasga, M.T., F.J. Sánchez Ramos, O. García-Martínez y G.S. Anderson. 2010. Arthropods of forensic importance on pig carrion in the coahuilan semidesert, Mexico. *Journal of Forensic Sciences* 55(4):1098-1101.

Vergara P., S. 2011. *Arribo y dispersión de algunas moscas (Diptera: Calliphoridae) con importancia forense en Saltillo, Coahuila*. Tesis de doctorado. UAAAN-Unidad Laguna, Coahuila.

Hormigas

Sergio René Sánchez Peña

Descripción

Las hormigas (Hymenoptera: Formicidae) constituyen uno de los grupos ecológicamente dominantes en el planeta. Viven en todos los continentes, excepto en la Antártida, y en casi todos los ecosistemas (Hölldobler y Wilson 1990), donde tienen papeles diversos: herbívoros (hormigas cortadoras de hojas, géneros *Atta* y *Acromyrmex*), depredadores dominantes (hormigas legionarias, *Eciton*), consumidores y dispersores de semillas, entre otros. Algunas hormigas son ganaderas: buscan y protegen activamente insectos herbívoros (Hemiptera), tales como pulgones y escamas, para obtener la mielecilla que éstos producen.

Las hormigas mezclan y ventilan el suelo e incorporan nutrientes al mismo tiempo. Junto con las termitas, en muchas localidades, su biomasa generalmente supera a la de los demás organismos (Hölldobler y Wilson 1990). Su abundancia determina en buena medida la distribución y abundancia de los seres vivos con los que coexisten (Hölldobler y Wilson 1990).

El análisis de la composición de las comunidades de hormigas puede indicar la ocurrencia de diferentes grados de disturbio en los ecosistemas, así como distintas etapas de la sucesión ecológica (Folgarait 1998). En áreas boreales se ha propuesto a ciertas especies de hormigas como indicadoras de cambio climático, pues varias especies son afectadas de diversa forma por las altas temperaturas que predominan actualmente en el planeta (Folgarait 1998).

Diversidad

Vásquez-Bolaños (2011) reporta un listado de 884 especies de hormigas para México, con base en una revisión de literatura. El inventario de las hormigas de Coahuila es incipiente, pues sólo hace poco tiempo se iniciaron los estudios sistemáticos en ecorregiones específicas.

Debido a la gran extensión geográfica del estado y su diversidad de ecosistemas, es posible que el número de especies supere el centenar, y quizá alcance las 200, aun cuando únicamente se tienen registros de 78 especies (12 identificadas sólo hasta género y una exótica/invasora; figuras 1 a 3) que pertenecen a 31 géneros, los cuales se incluyen en una familia y un orden. El género más diverso es *Pheidole*, con nueve especies (apéndice 19).

Sánchez-Peña, S.R. 2018. Hormigas. En: *La biodiversidad en Coahuila. Estudio de Estado*, vol. II. CONABIO/Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza, México, pp. 255-259.

Alatorre-Bracamontes y Vásquez-Bolaños (2010) hacen una revisión y listado general de hormigas reportadas y colectadas para el norte de México, incluido Coahuila. Quezada-Martínez y colaboradores (2011) analizaron las comunidades de hormigas en Matamoros, Tamaulipas, en la planicie del golfo, que se extiende hasta Coahuila.

La lista de hormigas del sureste del estado (Saltillo) es similar a la lista de Rojas y Fragoso (2000) establecida para la Reserva de la Biosfera de Mapimí, en los límites de Coahuila, Chihuahua y Durango.

Sin embargo, en el listado para Mapimí no aparecen taxa de hábitats más húmedos, como *Pogonomyrmex barbatus, Ponera* sp., *Odontomachus clarus* (figura 1) y *Liometopum apiculatum*; y en el caso del listado para Saltillo, no están indicadas ciertas especies más netamente desérticas, como *Acromyrmex versicolor* (figura 3), varias del género *Pogonomyrmex* (*P. apache, P. desertorum*) y *Solenopsis aurea*.

Por otra parte, se considera que el reporte de *Trachymyrmex septentrionalis* en Mapimí (Rojas y Fragoso 2000), es probablemente de *T. carinatus* (Rabeling *et al.* 2007, AntWeb 2014).

Endemismos

Se han documentado dos especies endémicas de hormigas: *Proceratium compitale*, en las cavernas del norte del estado, próximas a Ciudad Acuña, así como *Pheidole ariel*, en las cercanías de Monclova (Wilson 2003, AntWeb 2016). Ecosistemas muy interesantes, con posibles especies endémicas, son las islas del cielo o *sky islands*, que son montañas boscosas aisladas, rodeadas de planicies desérticas; otros de estos ecosistemas son las sierras del Carmen y del Burro, y las numerosas serranías que cruzan las subprovincias fisiográficas del estado: Sierra de la Paila, Pliegues Saltillo-Parras, Sierras Transversales y Gran Sierra Plegada.

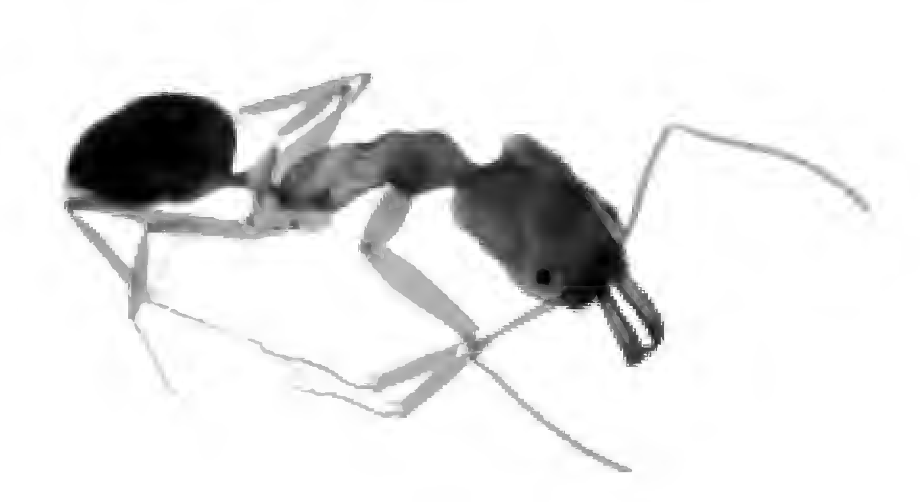


Figura 1. *Odontomachus clarus*. Especie de amplia distribución, frecuentemente asociada al ser humano en microhábitats relativamente mésicos. Foto: Marisela Hernández Martínez. UAAAN Saltillo 2015.



Figura 2. *Aphaenogaster cockerelli*. Hormiga de gran tamaño, se encuentra en las partes más secas del Desierto Chihuahuense; está asociada con la planta gobernadora (*Larrea tridentata*). Foto: Marisela Hernández Martínez. UAAAN Saltillo 2015.



Figura 3. *Dorymyrmex* sp. Foto: Marisela Hernández Martínez. UAAAN Saltillo 2015.

Los picos que forman las sierras son islas con espectaculares paisajes y gran diversidad biológica, y en su territorio viven especies únicas de animales, plantas y microorganismos (McCormack *et al.* 2008).

En algunas de estas sierras se ha colectado una especie no descrita del género *Trachymyrmex* –cuya descripción se prepara actualmente–, y que parece estar restringida a las serranías del sur del estado. También son de interés los microclimas húmedos en las diversas zonas montañosas, incluidos cañadas, arroyos secos, manantiales y cuerpos de agua de cuencas endorreicas, como en Cuatro Ciénegas, así como las dunas de arena o yeso de este mismo municipio o de Viesca, en donde se considera posible la existencia de especies endémicas.

Distribución

Se observa una similitud entre los listados de especies reportados para Texas (EUA) con los encontrados en Coahuila. Esto lógicamente se debe a que los climas y las ecorregiones (Desierto Chihuahuense, vegetación de galería, mezquital tamaulipeco, entre otras) se extienden ininterrumpidamente entre ambos estados.

O´Keefe y colaboradores (2000) recopilaron las referencias y reportes de hormigas para Texas. Las observaciones del autor de la presente contribución indican que los tipos de hormigas enlistadas por O´Keefe para el sur y oeste de Texas son similares a los de las regiones Norte, Carbonífera, Centro y Sureste de Coahuila, aledañas a la entidad estadounidense.

Un detallado análisis de las hormigas de las montañas Chisos de Texas (Van Pelt 1983) incluye muchas especies que seguramente se encuentran también en la cercana sierra del Carmen, en Coahuila. La hormiga arriera (*Atta texana*) que se localiza en suelos arenosos profundos está reportada para los municipios de Jiménez, Acuña, Múzquiz y Sabinas. *Pachycondyla harpax* se ha encontrado en los municipios de Múzquiz y Sabinas, y *Odontomachus clarus* en los municipios de Saltillo y Ocampo, ambas localizadas en la vegetación de galería.

El perfil general de la mirmecofauna (Hymenoptera: Formicidae) en las sierras del sureste de Coahuila es quizá también similar a la fauna descrita por Van Pelt (1983); especies comunes en ambos sitios son: *Leptothorax* spp., *Myrmecocystus hammettensis* y *Tetramorium spinosum*, localizadas en los bosques de la sierra de Arteaga.

Se cuenta además con registros de especies cultivadoras de hongos, como son: *Acromyrmex versicolor* en el Área de Protección de Flora y Fauna Cuatrociénegas; *Atta texana* localizada en los municipios de Jiménez, Múzquiz y Sabinas; *Cyphomyrmex wheeleri* en Saltillo; *Trachymyrmex carinatus* en Puerto de Ventanillas, municipio de San Pedro de las Colonias; *T. smithi* en La Rosa, municipio de General Cepeda; y otra especie recientemente descrita de *Trachymyrmex*, que aparentemente es endémica de la Gran Sierra Plegada de Coahuila y Nuevo León (Sánchez-Peña *et al.* 2017).

Los registros de *Atta mexicana* en el estado deben verificarse, aunque el límite oriental de la entidad es aledaño al corredor García-Hidalgo-Sabinas Hidalgo, municipios de Nuevo León, donde la especie ha sido registrada.

En Coahuila se reporta a los géneros arborícolas *Pseudomyrmex* y *Cephalotes*, pero son escasos o quizá ausentes en el sureste. En general esta zona es la más fría de la entidad, lo que posiblemente limita la sobrevivencia de estas hormigas arborícolas tropicales.

Situación actual, amenazas y estado de conservación

No se cuenta con información que permita conocer la situación actual ni el estado de conservación de las hormigas en Coahuila. Este vacío de información debe ser atendido, ya que se conoce

el importante papel que juega este grupo biológico en los ecosistemas a nivel mundial.

Al igual que en otras partes de México, en Coahuila los hábitats y las comunidades ecológicas de las hormigas se hallan seriamente amenazados por su destrucción, debida a la tala, los incendios provocados y naturales, la expansión urbana y la explotación agrícola e industrial.

Conclusión

Los datos mostrados aquí indican la presencia de un alto número de especies de hormigas en el estado, y se presentan los cinco géneros más diversos, que agrupan 40% de las especies conocidas en México (Vásquez-Bolaños 2011). Es necesario continuar con los estudios y listados de este grupo en las diversas áreas biogeográficas de Coahuila.

Los hábitats en la entidad están fragmentados geográficamente, pues se alternan entre serranías, valles y llanuras, y esto se asocia frecuentemente con altos niveles de biodiversidad. Lo anterior representa un reto para la conservación de la diversidad de especies, debido a la rampante destrucción y desertificación de hábitats naturales en el estado, por la expansión de las fronteras agrícolas y urbanas.

Aunque en los listados e inventarios es necesario incluir a las especies exóticas e invasoras, es evidente que los estudios de biodiversidad deben enfocarse y tratar prioritariamente a las especies nativas, en especial las endémicas, que viven en hábitats naturales.

En los inventarios debe indicarse con claridad cuáles son especies invasoras, cosmopolitas, frecuentemente asociadas al ser humano (sinantrópicas o antropofílicas), ya que ellas son de interés mínimo, incluso nulo, en los análisis de biodiversidad, e incluso suelen tener impactos fuertemente negativos sobre las comunidades biológicas, por lo que los estudios de conservación no deben considerarlas, o deben señalarlas para tomar medidas de erradicación o mitigación de sus impactos.

Referencias

Alatorre-Bracamontes, C.E. y M. Vásquez-Bolaños. 2010. Lista comentada de las hormigas (Hymenoptera: Formicidae) del norte de México. *Dugesiana* 17(1):9-36.

AntWeb. 2014. Species: *Trachymyrmex carinatus*. En: <*http://www.antweb.org.*>, última consulta: 10 de enero de 2017.

——. 2016. Species: *Pheidole ariel*. En: <*http://www.antweb.org.*>, última consulta: 10 de enero de 2017.

Cokendolpher, J.C., J.R. Redell, S. Taylor *et al.* 2009. *Further ants (Hymenoptera: Formicidae) from caves of Texas*. Texas Memorial Museum, Speleological Monographs 7. The University of Texas, EUA.

Antwiki. Taxa described in 2016. En: <*http://www.antwiki.org/wiki/Taxa_Described_in_2016*>, última consulta: 22 de febrero de 2017.

Del Toro, I., J.A. Pacheco y W.P. Mackay. 2009. Revision of the ant genus *Liometopum* (Hymenoptera: Formicidae). *Sociobiology* 53(2):299-369.

Folgarait, P.J. 1998. Ant biodiversity and its relationship to ecosystem functioning: a review. *Biodiversity and Conservation* 7(9):221-1244.

Hernández-Martínez, M. 2013. *Hormigas (Hymenoptera: Formicidae) de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila*. Tesis de licenciatura. UAAAN, Coahuila.

Hölldobler, B. y E.O. Wilson. 1990. *The ants*. Harvard University Press, Massachusetts.

Mackay, W. y E. Mackay. 2002. *The ants of New Mexico*. The Edwin Mellen Press, Nueva York.

McCormack, J.E., A.T. Peterson, E. Bonaccorso y T.B. Smith. 2008. Speciation in the highlands of Mexico: genetic and phenotypic divergence in the mexican jay (*Aphelocoma ultramarina*). *Molecular Ecology* 17(10):2505-2521.

O'Keefe, S.T., J.L. Cook, T. Dudek *et al.* 2000. The distribution of Texas ants. *Southwestern Entomologist* (suplemento 22):1-92.

Quezada-Martínez, J., E.M. Delgado-García y S.R. Sánchez-Peña. 2011. Initial assessment of the impact of the recent invader, *Solenopsis invicta* Buren, on resident ant assemblages in Matamoros, Mexico. *Southwestern Entomologist* 36(1):61-76.

Rabeling, C., S.P. Cover, R.A. Johnson y U.G. Mueller. 2007.

A review of the north american species of the fungus-gardening ant genus *Trachymyrmex* (Hymenoptera: Formicidae). *Zootaxa* 1664:1-53.

Rojas, P. y C. Fragoso. 2000. Composition, diversity and distribution of a Chihuahuan Desert ant community (Mapimi, Mexico). *Journal of Arid Environments* 44(2):213-227.

Sánchez-Peña, S.R. 2010. Some fungus-growing ants (Hymenoptera: Formicidae) from northeastern Mexico. *Florida Entomologist* 93(4):501-504.

Sánchez-Peña, S.R. y J.A. MacGown. 2013. Corrected identification of a cold-foraging ant, *Nylanderia* sp., in Saltillo, Mexico. *Southwestern Entomologist* 38(4):667-682.

Sánchez-Peña, S.R., R.J.W. Patrock y L.E. Gilbert. 2005. The red imported fire ant is now in Mexico: documentation of its wide distribution along the Texas-Mexico border. *Entomology News* 116(5):363-366.

Sánchez-Peña, S.R., M.C. Chacón-Cardosa y D. Reséndez-Pérez. 2009. Identification of fire ants (Hymenoptera: Formicidae) from northeastern Mexico with morphology and molecular markers. *Florida Entomologist* 92(1):107-115.

Sanchez-Peña, S.R., M. C. Chacón-Cardosa, R. Canales-Del-Castillo *et al*. 2017. A new species of *Trachymyrmex* (Hymenoptera, Formicidae) fungus-growing ant from the Sierra Madre Oriental of northeastern Mexico. *ZooKeys* 706: 73–94.

Schwander, T., S. Helms Cahan y L. Keller. 2007. Characterization and distribution of *Pogonomyrmex* harvester ant lineages with genetic caste determination. *Molecular Ecology* 16:367-387.

Van Pelt, A. 1983. Ants of the Chisos mountains, Texas (Hymenoptera: Formicidae). *Southwestern Naturalist* 28:137-142.

Vásquez-Bolaños, M. 2011. Lista de especies de hormigas (Hymenoptera: Formicidae) para México. *Dugesiana* 18(1):95-133.

Watkins, J.F., II. 1982. The army ants of Mexico (Hymenoptera: Formicidae: Ecitoninae). *Journal of the Kansas Entomological Society* 55(2):197-247.

Wilson, E.O. 2003. *Pheidole in the New World: a dominant, hyperdiverse ant genus*. Harvard University Press, Massachusetts.

Las abejas y su importancia como polinizadores de cultivos

José Luis Reyes Carrillo

Introducción

Los polinizadores proporcionan un servicio ecosistémico que es necesario para la reproducción de casi 75% de las plantas con flores del mundo, lo cual incluye más de dos tercios de las especies utilizadas en cultivos (BSG-IUCN 2015). Los polinizadores pueden clasificarse en nativos (indígenas), silvestres (introducidos, no domesticados) y domesticados (FAO 2014).

Las abejas son quizás los polinizadores más conocidos en el mundo y se consideran como polinizadores primarios domesticados, pero no son de ninguna manera los únicos responsables de la polinización de todas las plantas que florecen. Tanto en los sistemas naturales como en los cultivos agrícolas, los polinizadores silvestres –como las abejas, avispas, escarabajos, moscas, mariposas, polillas, aves, murciélagos e incluso algunos mamíferos terrestres– juegan un papel esencial en la reproducción de las plantas y la producción de alimentos (figura 1).



Figura 1. Abeja (*Apis mellifera*) mientras poliniza flores de hierba del negro (*Sphaeralcea angustifolia*), una planta nativa. Foto: José Luis Reyes Carrillo.

Estos organismos se enfrentan a múltiples amenazas de origen antropogénico –que incluyen la destrucción y fragmentación del hábitat, el uso de plaguicidas, las prácticas de manejo del suelo y la introducción de especies y patógenos no nativos– las cuales en su conjunto atentan en contra de su existencia (APOLO 2015). La polinización es un recordatorio de que los ecosistemas, incluidos los agrícolas, están compuestos de una serie de relaciones interdependientes (Toher *et al.* 2014).

Reyes-Carrillo, J.L. 2018. Las abejas y su importancia como polinizadores de cultivos. En: *La biodiversidad en Coahuila. Estudio de Estado*, vol. II. CONABIO/Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza, México, pp. 261-265.

Diversidad e importancia ecológica

En Coahuila se tienen reportes de diversas abejas silvestres (cuadro 1). De la familia Megachilidae se registra la especie nativa *Ashmeadiella rubrella*, que es visitante específica de plantas fabáceas, antes leguminosas, del género *Dalea*. Las abejas *Hoplitis beameri* polinizan a la familia Hydrophyllaceae, y la *Megachile instita* es un polinizador generalista de las plantas de la familia Fabaceae (Yanega 1994).

La relación entre plantas y polinizadores puede considerarse como un mutualismo, pues ambos se benefician: la flor es fecundada por el insecto y el polinizador es recompensado con polen y néctar. Lo anterior puede ejemplificarse mediante la captura del polen amasado y acarreado en las patas (corbículas) de las abejas, con el cual es posible identificar el origen botánico de los granos de polen y su abundancia.

Se sabe que, durante el periodo de polinización del melón (*Cucumis melo*), la planta más visitada por las abejas como fuente de polen es la del cultivo principal. Sin embargo, las abejas también visitan las plantas circundantes, aunque en menor cantidad, para efectuar labores de colecta. En un estudio realizado acerca de este aspecto, las especies silvestres visitadas fueron el mezquite (*Prosopis* spp.), el palo verde (*Parkinsonia aculeata*, figura 2), la gobernadora (*Larrea tridentata*) y la mostacilla (*Sysimbrium irio*);[1] y las cultivadas fueron la alfalfa (*Medicago sativa*), el pepino (*Cucumis sativus*) y el sorgo (*Sorghum vulgare*) (Reyes-Carrillo *et al.* 2009b).

Importancia económica

La apicultura desempeña un papel fundamental en el sector agrícola; su importancia no es sólo por los productos de la colmena y los derivados de valor agregado, sino por el aumento y la mejora en la calidad de las producciones agrícolas a través de la polinización de los cultivos, cuando los insectos transportan el polen de la flor masculina a la femenina, hecho que se conoce como polinización cruzada (Reyes-Carrillo y Cano-Ríos 2003).

El abejorro también es uno de los polinizadores de plantas más importantes, y es el único insecto que poliniza el tomate de invernadero. El tomate es la hortaliza más importante a nivel mundial, y en Coahuila es relevante, pues se cultivan 4 500 ha (SIAP 2013).

En la entidad son diversos los cultivos que requieren de la visita de las abejas para la producción. Los más importantes en la polinización por las abejas melíferas son el manzano (*Malus domestica*) y las cucurbitáceas, en las que destaca por su importancia económica el melón, pues su polen es pegajoso y pesado y no puede trasladarse con el viento, o existe incompatibilidad del polen de la misma planta o flor (Reyes-Carrillo *et al.* 2006, Contreras-de la Reé y Vázquez-Ramos 2010).

La sierra de Arteaga cuenta con la mayor superficie de manzano del estado y las variedades predominantes son *Golden Delicious* y *Red Delicious*, las cuales fueron introducidas de Estados Unidos de América y actualmente ocupan más de 7 000 ha, que representan 11% de la superficie de manzano del país (Contreras-de la Reé y Vázquez-Ramos 2010).

Al colocar colmenas para polinizar flores de manzano se encontró que la presencia de abejas durante la floración favorece el cuajado o amarre del fruto (fecundación y desarrollo) para las dos variedades de manzana (Mata-Beltrán *et al.* 2000). Las abejas colectan el polen para alimentarse en una época en que no existe otra fuente de alimento, como es el inicio de la primavera, cuando aún no han llegado las lluvias, con lo que aseguran la producción y calidad de la manzana, en una relación de mutuo beneficio entre el ser humano y las abejas (figura 3).

[1] Esta especie sí se distribuye en el estado, pero no se incluye en ningún apéndice de vegetación.

Cuadro 1. Especies de abejas silvestres (Hymenoptera) reportadas en la entidad.

Familia	Nombre científico	Nombre común	Planta silvestre o cultivo asociado
Megachilidae	*Ashmeadiella (Isosmia) rubrella*[2]	–	Fabáceas
	Megachile instita[2]	Abeja cortadora	Generalista, fabáceas
	Hoplitis (Eremosmia) beameri[2]	–	Hydrophyllaceae
	Osmia spp.[3]	Abeja del álcali	–
Apidae	*Apis mellifera*	Abeja	Generalista
	Bombus spp.[1]	Abejorro	Generalista

Fuente: Yanega 1994,[1] Abrahamovich *et al.* 2004,[2] Ayala y Griswold 2005.[3]



Figura 2. Flores de *Parkinsonia aculeata*, una planta nativa, y un abejorro polinizador (carretera Torreón-Saltillo). Foto: María Isabel Blanco Cervantes.



Figura 3. Flores de manzano polinizadas por abejas melíferas. Foto: José Luis Reyes Carrillo.

El cultivo de melón a través de la introducción de colmenas polinizadoras, al principio de la floración y durante un mes, genera un rendimiento de fruta que puede alcanzar 44 t/ha (Reyes-Carrillo *et al.* 2009c).

Durante la floración, la colecta de polen por las abejas aumenta temprano en la mañana, disminuye a partir de las 9:30 horas y alcanza su nivel más bajo al mediodía. El patrón de distribución en la huerta mostró que las abejas pecoreadoras (obreras recolectoras) se presentaron en el cultivo de melón después de las 8:00 y alcanzaron su máxima presencia de las 10:30 a las 14:30 horas, cuando iniciaron su disminución paulatina hasta el cese de los vuelos al obscurecer (Reyes-Carrillo *et al.* 2007).

Lo anterior es importante de considerar en el control de plagas y enfermedades, pues permite programar las aplicaciones de químicos en las horas que no hay abejas o se encuentran en poca cantidad (figura 4).

Los insectos silvestres visitan las flores de los cultivos, compiten por el alimento con las abejas melíferas y, a su vez, las mismas abejas compiten entre sí, pues el néctar y el polen disponible son limitados. El máximo número de abejas que visitaron las flores del melón se observó con tres y cuatro colmenas por hectárea;

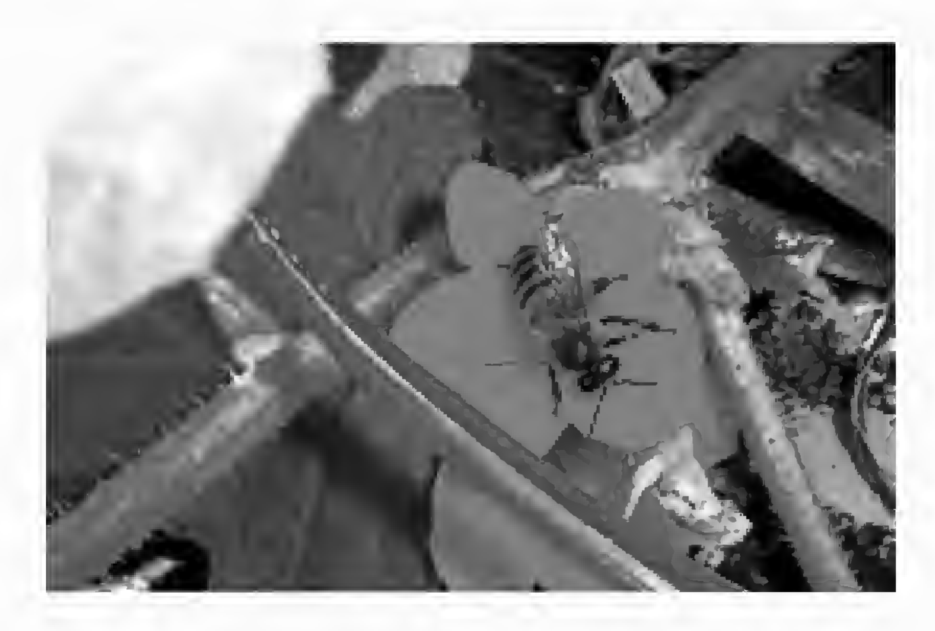


Figura 4. Las abejas melíferas juegan un rol muy importante al polinizar los cultivos, lo cual remarca su importancia en la economía regional. Foto: José Luis Reyes Carrillo.

por lo tanto, este número de colmenas pudiera ser considerado como el óptimo para polinizar el cultivo (Reyes-Carrillo *et al.* 2009a), pues aumentar el número de colonias se tradujo en una disminución de abejas en el campo (Reyes-Carrillo *et al.* 2006).

Amenazas y acciones de conservación

En la polinización de los cultivos la presencia de la abeja africanizada representa un riesgo de accidentes, debido a su comportamiento defensivo. En las colmenas de la Comarca Lagunera se encontró 24% de africanización y más de la mitad de los enjambres silvestres son africanizados. Es posible que este proceso en colmenas se deba a la invasión por abejas africanizadas o a la captura y encolmenamiento de enjambres silvestres por parte de los apicultores (Reyes-Carrillo *et al.* 2009b).

Las colonias silvestres de abejas africanizadas tienen la capacidad de proveer el servicio de polinización tan eficientemente como las abejas europeas (Loper y Danka 1991). Sin embargo, a pesar de que la evidencia es indirecta, se presume que compiten y afectan a las poblaciones de un gran número de especies de polinizadores nativos (Roubik y Villanueva-Gutiérrez 2009).

Conclusión

Se desconoce la contribución de los polinizadores silvestres, principalmente de abejorros y abejas nativas, en la producción agrícola y el sostenimiento de los ecosistemas naturales. La disminución del rango y abundancia de muchas especies de abejorros se ha documentado, pero no existe información de las condiciones de otras especies de insectos polinizadores.

En Coahuila han ocurrido pérdidas de colmenas y se desconocen las causas; se suponen enfermedades y parásitos que hay que determinar en incidencia y extensión, con la finalidad de evitar que sucedan de nuevo tales disminuciones. Es necesario llevar a cabo estudios que permitan conocer el grado de africanización de colmenas y enjambres silvestres, que representan un riesgo para la población y una competencia por polen y néctar para los insectos nativos.

Referencias

Abrahamovich, A.H., N.B. Díaz y J.J. Morrone. 2004 Distributional patterns of the neotropical and andean species of the genus *Bombus* (Hymenoptera: Apidae). *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.) 20(1):99-117.

apolo. Observatorio de Agentes Polinizadores. 2015. Polinizadores y biodiversidad. Gobierno de España. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Madrid, España. En: <*http://apolo.entomologica.es/cont/materiales/informe_tecnico.pdf*>, última consulta: 4 de febrero de 2015.

Ayala, R. y T. Griswold. 2005. Nueva especie de abeja del género *Osmia* (Hymenoptera: Megachilidae) de México. *Folia Entomológica Mexicana* 44(1):139-145.

bsg-iucn. 2015. Bumblebee Specialist Group. International Union for Conservation of Nature. En: <*http://www.iucn.org/about/work/programmes/species/who_we_are/ ssc_specialist_groups_and_red_list_authorities_directory/invertebrates/bumblebee_specialist_group/*>, última consulta: 12 de febrero de 2015.

Contreras-de la Reé, F.J. y J.A. Vázquez-Ramos. 2010. *Cultivares y mutantes de manzana para el sureste de Coahuila*. Folleto para productores no. 14. Instituto Nacional

de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)/Centro de Investigación Regional del Noreste (CIRNE), Campo Experimental Saltillo, Coahuila.

FAO. Food and Agriculture Organization. 2014. *Principios y avances sobre polinización como servicio ambiental para la agricultura sostenible en países de Latinoamérica y el Caribe*. FAO Regional Office for Latin America and the Caribbean, Chile.

Loper, G.M. y R.G. Danka. 1991. Pollination tests with africanized honey bees in southern Mexico. *American Bee Journal* 131:191-193.

Mata-Beltrán, I., G. León-Díaz y R. Morones-Reza. 2000. Polinización apícola del manzano en Coahuila. *Agraria* 16(2):1-12.

Reyes-Carrillo, J.L. y P. Cano-Ríos. 2003. Manual de polinización apícola. En: <*http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/publicaciones/lists/manuales%20apcolas/attachments/4/manpoli.pdf*>, última consulta: 20 de marzo de 2016.

Reyes-Carrillo, J.L., P. Cano-Ríos, F.A. Eischen *et al*. 2006. Spatial and temporal distribution of honey bee foragers in a cantaloupe field with different colony densities. *Agricultura Técnica en México* 32:39-44.

Reyes-Carrillo, J.L., F.A. Eischen, P. Cano-Ríos *et al*. 2007. Pollen collection and honey bee forager distribution in cantaloupe. *Acta Zoológica Mexicana* 23(1):29-36.

Reyes-Carrillo, J.L., F.A. Eischen, P. Cano-Ríos *et al*. 2009a. Plant species visited by honey bee foragers during induced cantaloupe pollination. *Acta Zoológica Mexicana* 25(3):507-514.

Reyes-Carrillo, J.L., J. Cabrera-Reyes, J.L. Galarza-Mendoza y J.A. Orozco-Vidal. 2009b. Africanización en la Comarca Lagunera. *Apitec* 77(6):3-8.

Reyes-Carrillo, J.L., P. Cano-Ríos y U. Nava-Camberos. 2009c. Periodo óptimo de polinización del melón con abejas melíferas. *Agricultura Técnica en México* 35(4):371-378.

Roubik, D.W. y R. Villanueva-Gutiérrez. 2009. Invasive africanized honey bee impact on native solitary bees: a pollen resource and trap nest analysis. *Biological Journal of the Linnean Society* 98:152-160.

SIAP. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2013. Estado de Coahuila. Cíclicos y perennes 2013. Modalidad: riego + temporal tomate rojo (jitomate). En: <*http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/*>, última consulta: 19 de junio de 2015.

Toher, D., X. Shinbrot y N. Harriott. 2014. No longer a big mystery recent scientific research confirms the role of pesticides in pollinator decline. *Pesticides and You* 34:9-12.

Yanega, D. 1994. Nests and hosts of three species of megachilid bees (Hymenoptera: Apoidea: Megachilidae) from Coahuila, Mexico. *Journal of the Kansas Entomological Society* 67:415-417.

Moscas, mosquitos y sus parientes (Diptera)

Aldo Iván Ortega Morales

Descripción

Los dípteros constituyen un gran orden de insectos, que poseen un par de alas membranosas visibles y otro de alas muy reducidas y no visibles a simple vista, llamadas halterios, las cuales les ayudan para equilibrarse durante el vuelo (Triplehorn y Johnson 2005). Este orden incluye moscas, tábanos, moscardones, mosquitos y chaquistes, entre otros. Para completar su ciclo de vida, los dípteros pasan por una metamorfosis completa a través de cuatro estados: huevo, larva, pupa y adulto.

Diversidad

Existen aproximadamente 153 mil especies en el mundo, que representan casi 10% de la diversidad de especies vivientes conocidas (Brown 2009). Es posible que la mayoría de los dípteros sean actualmente desconocidos, pues algunos especialistas estiman que la totalidad de estos insectos comprende más de un millón de especies (Hammond 1992). De acuerdo al Catálogo de Autoridad Taxonómica, para el orden Diptera en México existen 1 267 especies (Ibáñez *et al.* 2006, Ibáñez y Martín del Campo 2009).

No existen estudios con información sobre el número de especies que se distribuyen en Coahuila, pero al considerar que la mayor parte de la superficie estatal representa regiones áridas y semiáridas, puede suponerse que la riqueza de este grupo es menor que en aquellos estados o regiones tropicales o subtropicales, donde existe una mayor riqueza y abundancia de dípteros.

Sin embargo, un gran número de especies pudieran estar presentes en las regiones boscosas de la subprovincia fisiográfica Gran Sierra Plegada, en la parte de la Sierra Madre Oriental ubicada en el municipio de Arteaga, y en la provincia Sierras y Llanuras del Norte, en el municipio de Ocampo, así como en la Reserva de la Biosfera Maderas del Carmen.

Con la información disponible hasta el momento, las familias de dípteros reportadas en el estado son 27, y pertenecen a dos subórdenes: Nematocera y Brachycera (apéndice 20).

Actualmente se desarrollan diversos proyectos de investigación dirigidos por entomólogos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) Unidad Laguna, para conocer la diversidad de algunas familias de dípteros, especialmente aquellas con hábitos hematófagos en

Ortega-Morales, A.I. 2018. Moscas, mosquitos y sus parientes (Diptera). En: *La biodiversidad en Coahuila. Estudio de Estado*, vol. II. CONABIO/Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza, México, pp. 267-271.

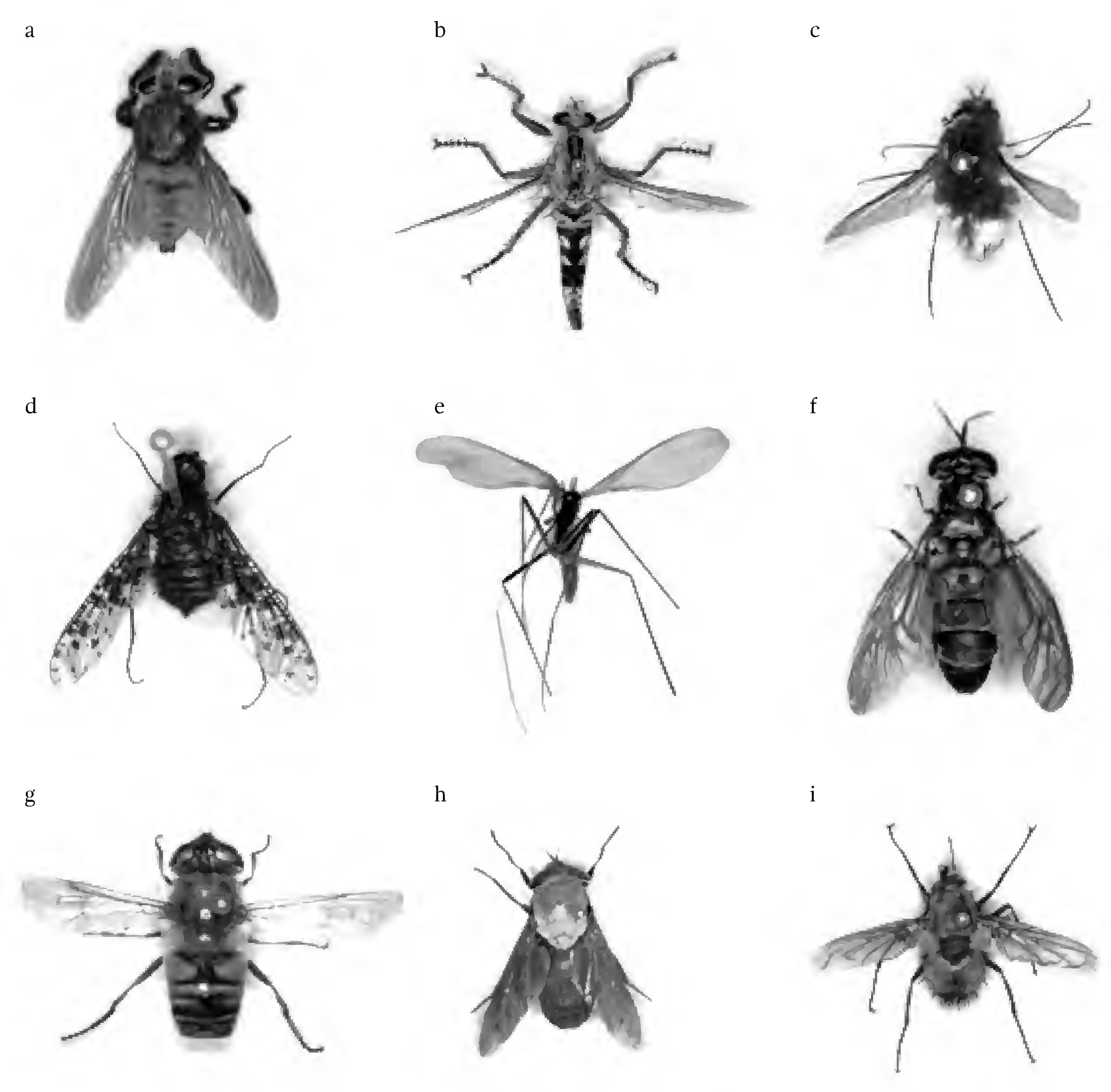


Figura 1. Algunas familias de dípteros reportadas en Coahuila: a,b) Asilidae; c,d) Bombylidae; e) Psychodidae; f) Stratiomydae; g) Syrphidae; h) Tabanidae; i) Tachinidae. Fotos: Aldo I. Ortega Morales.

las subprovincias fisiográficas Laguna de Mayrán y Del Bolsón de Mapimí. Es importante destacar que un gran número de especímenes ya han sido colectados por medio de distintos dispositivos de captura –como trampas CDC (Centers for Disease Control), Shannon y Disney–, y su identificación específica está en proceso.

Se ha observado que especies de las familias Culicidae, Ceratopogonidae y Psychodidae son notablemente abundantes; de las dos últimas se pretende iniciar una colección en el Laboratorio de Parasitología de la UAAAN Unidad Laguna. En 2008 se inició la colección de Culicidae en la misma institución, que actualmente cuenta con especímenes colectados en todos los estados del país, mientras que de Coahuila están depositadas dos subfamilias, cinco tribus, 12 géneros, 17 subgéneros y más de 40 especies (véase Mosquitos, en esta misma obra).

Importancia

De todos los órdenes de insectos que existen, probablemente los dípteros son los que mayor relevancia tienen para el ser humano. Muchas especies son importantes debido a que son vectores de enfermedades, otras son plagas agrícolas, también hay especies que son enemigas naturales de ciertas plagas y que pueden funcionar como control biológico, mientras que algunas ayudan a resolver crímenes cuando son asociadas con el tiempo transcurrido desde la muerte de una persona hasta que son colectadas.

El aspecto más importante de los dípteros es su capacidad de transmitir enfermedades al ser humano, a los animales domésticos y a los silvestres. Muchas especies se alimentan directamente de la sangre de vertebrados (hematófagas) y, al hacerlo, pueden transmitir distintos grupos de agentes patógenos, tales como: virus, gusanos microscópicos (filarias) y protozoarios (Harwood y James 1993).

El dengue, el paludismo, la fiebre amarilla, diversas formas de encefalitis, la ceguera de los ríos y la leishmaniasis son sólo algunos ejemplos de enfermedades causadas por la picadura de distintas especies de dípteros (Lehane 2005).

En Coahuila, como en todo México, el dengue es la enfermedad más importante transmitida por vectores al ser humano, y es provocada por la picadura del mosquito *Aedes aegypti*. En 2015 se reportaron 69 casos de dengue en el estado, mientras que en 2016, hasta la semana epidemiológica 40, se reportaron 140 casos confirmados (CENAPRECE 2016).

Los virus Chikungunya y Zika son de origen africano y se transmiten también por la picadura del mosquito *Ae. aegypti*. Chikungunya ingresó a México en 2014, y para la semana epidemiológica 39 del 2016 se reportó un caso en Coahuila (DGE 2016a). Zika ingresó al país en 2015, y para la semana epidemiológica 39 se reportaron dos casos en el estado (DGE 2016b). El virus del oeste del Nilo (VON), originario también de África, fue introducido en América en 1999, y causó brotes epidémicos en Nueva York (CDC 2013), debido a picaduras del mismo tipo de mosquito.

Para el caso de enfermedades en animales, en México el VON fue reportado por primera vez en suero de caballos en los municipios de Acuña y Jiménez, Coahuila, en 2003 (Blitvich *et al.* 2003). Desde entonces este virus ha sido detectado en diversas entidades de México, como Yucatán (Loroño *et al.* 2003), Tamaulipas (Fernández *et al.* 2003), Nuevo León (Elizondo *et al.* 2005), Tabasco (Martínez *et al.* 2008), Chiapas (Ulloa *et al.* 2009) y Guerrero (Cortés *et al.* 2013).

También se han registrado casos de dirofilariasis canina, enfermedad causada por el gusano del corazón (*Dirofilaria immitis*), que es transmitido por especies como el mosquito café casero (*Culex quinquefasciatus*) y el mosquito común europeo (*Ae. vexans*); ambas especies son comunes en el estado, y muy abundantes en la Comarca Lagunera (Ortega-Morales 2010).

Recientemente se realizó un estudio para conocer las especies vectores de leishmaniasis en el sureste de Coahuila; aunque no se han reportado casos recientes en la entidad, se encontraron dos especies de importancia médica: *Lutzomyia diabolica* y *L. chiapanensis*, y esta última es un nuevo registro estatal (Rodríguez-Pérez 2014, figura 1e).

En los ambientes urbanos la especie más molesta es la mosca doméstica (*Musca domestica*), que en Coahuila se presenta en altas densidades poblacionales durante el verano, lo cual resulta en la invasión de casas, escuelas, oficinas, restaurantes y otros ambientes en donde su presencia es indeseable. Estas moscas además pueden portar microbios en su cuerpo, por lo que se convierten en un potencial foco de infección de enfermedades gastrointestinales, al contaminar alimentos o utensilios de cocina cuando se posan sobre ellos (Harwood y James 1993).

Igualmente las moscas de los ojos (familia Chloropidae), que son atraídas por las secreciones corporales como sudor, lagañas y sangre expuesta, han llegado a ser un problema en el sur del estado (observación personal), pues cuando sus poblaciones son abundantes, pueden entrar en contacto con los ojos de los animales domésticos y de las personas, y causar conjuntivitis.

No obstante lo anterior, algunos dípteros son útiles para el ser humano. En el sur de la entidad, la entomología forense ha tenido gran relevancia social en los últimos años, pues existen convenios de colaboración entre entomólogos especialistas de la UAAAN Unidad Laguna y la Procuraduría General de Justicia del Estado de Coahuila (PGJE).

En la Comarca Lagunera algunas especies que son eficientes descomponedoras de carroña de animales vertebrados, como las moscas de las familias Phoridae, Piophilidae, Fanniidae y Muscidae, han sido empleadas en experimentos forenses (Valdés-Perezgasga *et al.* 2010). Asimismo, las familias Calliphoridae y Sarcophagidae son las que mayor relevancia tienen en este sentido en la misma región (García-Espinoza 2011).

Hay especies de dípteros que son conocidas como importantes plagas agrícolas. La Comarca Lagunera es una región fundamentalmente agropecuaria, en donde se registran dípteros que afectan, en menor o mayor medida, las actividades de producción en el campo.

La mosca del establo (*Stomoxys calcitrnas*), la mosca doméstica (*M. domestica*) y la mosca doméstica menor (*Fannia canicularis*) representan importantes problemas sanitarios para los establos productores de leche. La mosca del estigma del maíz (*Chaetopsia* sp.) es considerada una plaga agrícola en el sureste del estado, donde también es común encontrar larvas de lepidópteros parasitados por distintas especies de moscas de la familia Tachinidae, que en su fase adulta son comunes en la región durante la primavera.

Conclusión

A pesar de la importancia de los dípteros, se desconoce el número de especies que se distribuyen en la entidad. Es necesario continuar la colecta sistemática de distintas familias del grupo, con la finalidad de profundizar en el conocimiento de estos artrópodos y para actualizar el inventario de especies en todas las regiones y subprovincias del estado.

Referencias

Blitvich, B.J., I.S. Fernández, J.F. Contreras *et al.* 2003. Serologic evidence of west Nile virus infection in horses, Coahuila state, Mexico. *Emerging Infectious Diseases* 9(7):853-856.

Brown, B.V. 2009. Introduction. En: *Manual of central american Diptera*. B. Brown *et al.* (eds.). NRC Research Press, Ottawa, pp. 1-7.

CDC. Centers for Disease Control and Prevention. 2013. West Nile virus. En: <*http://www.cdc.gov/westnile/index.html*>, última consulta: 24 de septiembre de 2013.

CENAPRECE. Centro Nacional de Programas Preventivos y Control de Enfermedades. 2016. México. Programa de enfermedades transmitidas por vectores. En: <*http://www.cenavece.salud.gob.mx/*>, última consulta: 16 de octubre de 2016.

Cortés, A.G., R.C. Sánchez, L.J. Ibarra *et al.* 2013. West Nile virus survey of birds, horses and mosquitoes of the Pacific coast, southern Mexico. *Southwestern Entomologist* 38(2):231-240.

DGE. Dirección Nacional de Epidemiología. 2016a. Casos confirmados de fiebre Chikungunya, México, Semana epidemiológica 39 de 2016. En: <*http://www.epidemiologia.salud.gob.mx/doctos/avisos/2016/chik/DGE_CHIK_CASOSYDEF_SEM39_2016.pdf*>, última consulta: 16 de octubre de 2016.

——. 2016b. Casos confirmados de enfermedad por virus del Zika, México, Semana epidemiológica 39 de 2016. En: <*http://www.epidemiologia.salud.gob.mx/doctos/avisos/2016/zika/DGE_ZIKA_CASOS_SEM39_2016.pdf*>, última consulta: 16 de octubre de 2016.

Elizondo, Q.D., C.D. Todd, I.S. Fernández *et al.* 2005. West Nile virus isolation in human and mosquitoes, Mexico. *Emerging Infectious Diseases* 11(9):1449-1452.

Fernández, S.I., J.F. Contreras, B.J. Blitvich *et al*. 2003. Serologic evidence of west Nile virus infection in birds, Tamaulipas state, Mexico. *Vector Borne Zoonotic Diseases* 3(4):209-213.

García-Espinoza, F. 2011. *Estudio del desarrollo y ciclo vital de Califóridos y biotipificación de géneros de Sarcofágidos de Torreón, Coahuila*. Tesis de maestría en ciencias agrarias. UAAAN, Coahuila.

Hammond, P. 1992. Species inventory. En: *Global biodiversity: status of the Earth´s living resources*. B. Groombridge (ed.). Chapman y Hall, Londres, pp. 17-39.

Harwood, R.F. y M.T. James. 1993. *Entomología médica y veterniaria*. Uthea Noriega Editores, México.

Ibáñez, B.S., V.O. Hernández y M. Martín del Campo. 2006. Catálogo de autoridad taxonómica del orden Diptera (Insecta) en México. Parte 1: Suborden Nematocera. Informe final. Proyecto CS004. Instituto de Ecología A.C. (INECOL)/Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB)-Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), México.

Ibáñez, B.S. y M. Martín del Campo. 2009. Catálogo de autoridad taxonómica del orden Diptera (Insecta) en México. Parte 2: Suborden Brachycera inferiores. Informe final. Proyecto ES011. INECOL A.C./SNIB-CONABIO, México.

Lehane, M.J. 2005. *The biology of blood-sucking in insects*. Cambridge University Press, Londres.

Loroño, P.M., B.J. Blitvich, J.A. Farfán *et al*. 2003. Serologic evidence of west Nile virus infection in horses, Yucatan state, Mexico. *Emerging Infectious Diseases* 9(7):857-859.

Martínez, M.H., F.I. Puerto, J.A. Farfán *et al*. 2008. Prevalence of west Nile virus infection in animals from two state zoos Tabasco. *Salud Pública México* 50:76-85.

Ortega-Morales, A. 2010. *Los mosquitos del noreste de México (Diptera: Culicidae)*. Tesis de doctorado en entomología médica. Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL), Nuevo León.

Rodríguez-Pérez, Y. 2014. Registros de mosquitos XIV: los Phlebotominae (Diptera: Psychodidae) de las sierras del norte (Bolsón de Mapimí) de Coahuila, México. Tesis de licenciatura en ingeniería agrónoma parasitóloga. UAAAN, Coahuila.

Triplehorn, C.A. y N.E. Johnson. 2005. *Borror and Delong´s introduction to the study of insects*. Thomson Brooks/Cole Cengage Learning, EUA.

Ulloa, A., H.H. Ferguson, J.D. Méndez *et al*. 2009. West Nile virus activity in mosquitoes and domestic animals in Chiapas, Mexico. *Vector Borne Zoonotic Disseases* 9(5):555-560.

Valdés-Perezgasga, M.T., F.J. Sánchez Ramos, O. García-Martínez y G.S. Anderson. 2010. Arthropods of forensic importance on pig carrion in the coahuilan semidesert, Mexico. *Journal of Forensic Science* 55(4):1098-1101.

Los mosquitos

Aldo Iván Ortega Morales

Descripción

Los mosquitos son insectos pertenecientes al orden Diptera y a la familia Culicidae; se caracterizan por tener escamas sobre las venas de las alas y por la presencia de un aparato bucal picador-chupador que les permite alimentarse de la sangre de sus hospederos.

El ciclo de vida de los mosquitos depende directamente de la disponibilidad de cuerpos de agua, ya que en las fases inmaduras (huevos, larvas y pupas) son acuáticos, mientras que de adultos son terrestres. En general son insectos pequeños, frágiles y con patas alargadas, razón por la que en algunas regiones de México les llaman "zancudos". En el suroeste de Coahuila son conocidos como "moyotes", vocablo de origen náhuatl (*moyotl*) que refiere precisamente a los pequeños insectos picadores mejor conocidos como mosquitos.

Diversidad

En el mundo existen 3 539 especies descritas (Harbach 2014) y menos de 1% son reportadas como vectores importantes de enfermedades (Lehane 2005). En México se conocen 229 especies de mosquitos (WRBU 2005), de las cuales menos de 15 son posibles transmisoras de enfermedades (CENAPRECE 2010).

Estas pocas especies son las que reciben mayor interés por parte de investigadores, entomólogos, biólogos y operadores de salud pública. Sin embargo, otras especies son factibles de estudiarse desde el punto de vista ecológico, ya que pueden ser importantes bio-indicadores de la salud de los ecosistemas, pues algunas de ellas son extremadamente sensibles a los cambios ambientales que se generan como consecuencia de la perturbación de hábitats, provocada principalmente por las actividades humanas.

En Coahuila se reportan 43 especies de mosquitos, tres exóticas/invasoras (apéndice 21; Martini 1935, Vargas 1956, Vargas y Martínez 1956, Díaz-Nájera y Vargas 1973, Heinemann y Belkin 1977, Ávila-Torres 1993, Ibáñez y Martínez 1994, Hernández-Hernández 2005, Tamayo-Citalán 2007, Aguirre *et al.* 2008, Altunar-López 2010, Hernández-Rodríguez 2010, Ortega-Morales 2010), y algunas de ellas se muestran en las figuras 1 a 3. La subprovincia fisiográfica que podría poseer la

Ortega-Morales, A.I. 2018. Los mosquitos. En: *La biodiversidad en Coahuila. Estudio de Estado*, vol. II. CONABIO/Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza, México, pp. 273-280.

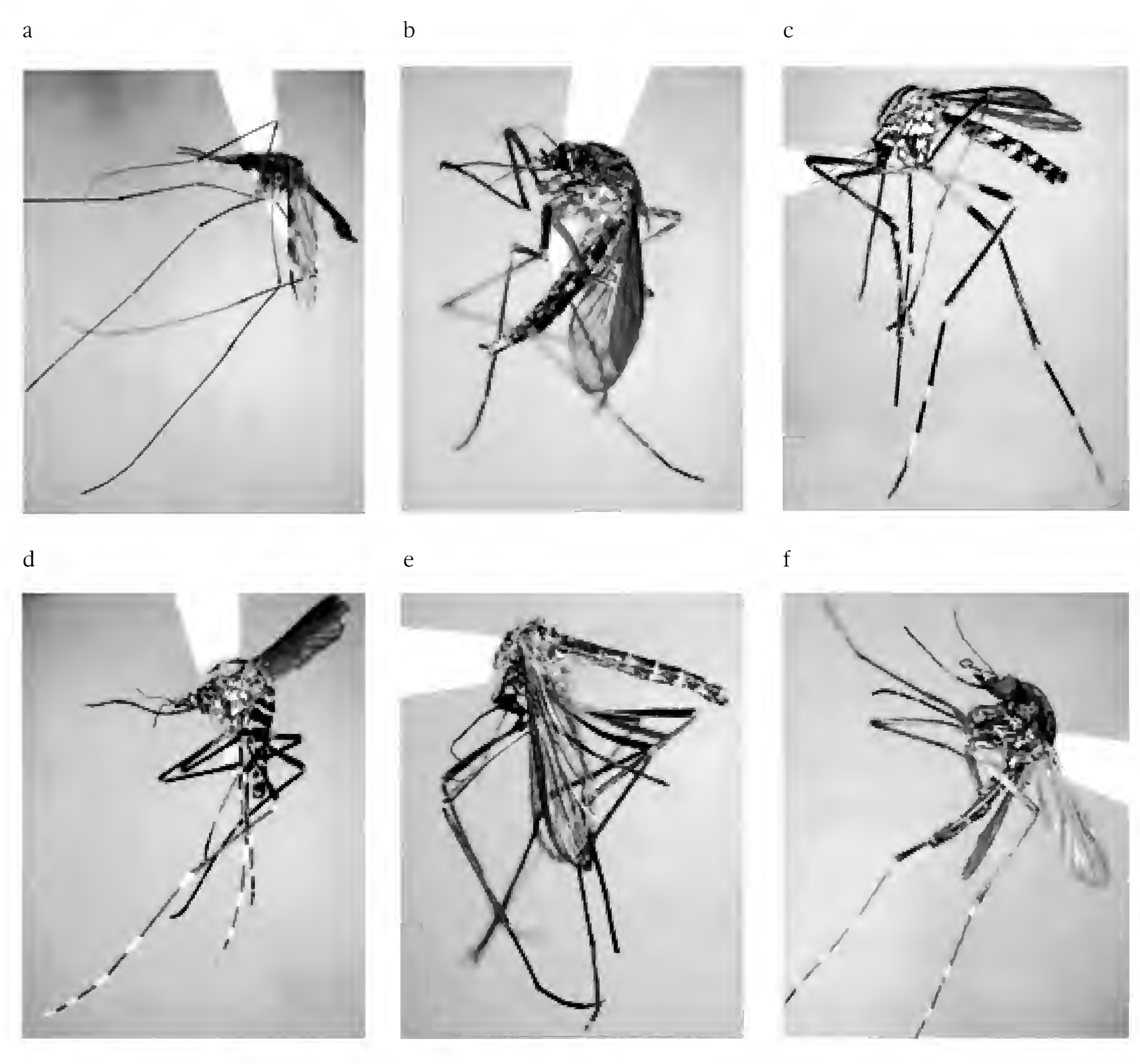


Figura 1. Diversidad de especies de mosquitos registradas en Coahuila: a) *Anopheles pseudopunctipennis*; b) *Aedes vexans*; c) *Ae. quadrivittatus*; d) *Ae. epactius*; e) *Ae. muelleri*; f) *Ae. taeniorhynchus*. Fotos: David Arturo González Villarreal (a, b, f); Aldo I. Ortega Morales (c-e).

mayor riqueza de mosquitos es Gran Sierra Plegada, que pertenece a la provincia Sierra Madre Oriental (INEGI 2010).

A continuación se presenta el listado sinóptico de las especies de mosquitos conocidas para Coahuila, y su distribución de acuerdo a la fisiografía del estado. En el cuadro 1 se especifican los tipos de criaderos de acuerdo a la región que habitan.

Mosquitos de regiones áridas

La mayoría de la superficie territorial de Coahuila es árida y semiárida, en las regiones que comprenden las subprovincias fisiográficas de la Sierra Madre Oriental: Serranía del Burro, Sierras y Llanuras Coahuilenses, Pliegues Saltillo-Parras, Sierras Transversales y Sierras y Llanuras Occidentales; mientras que la provincia

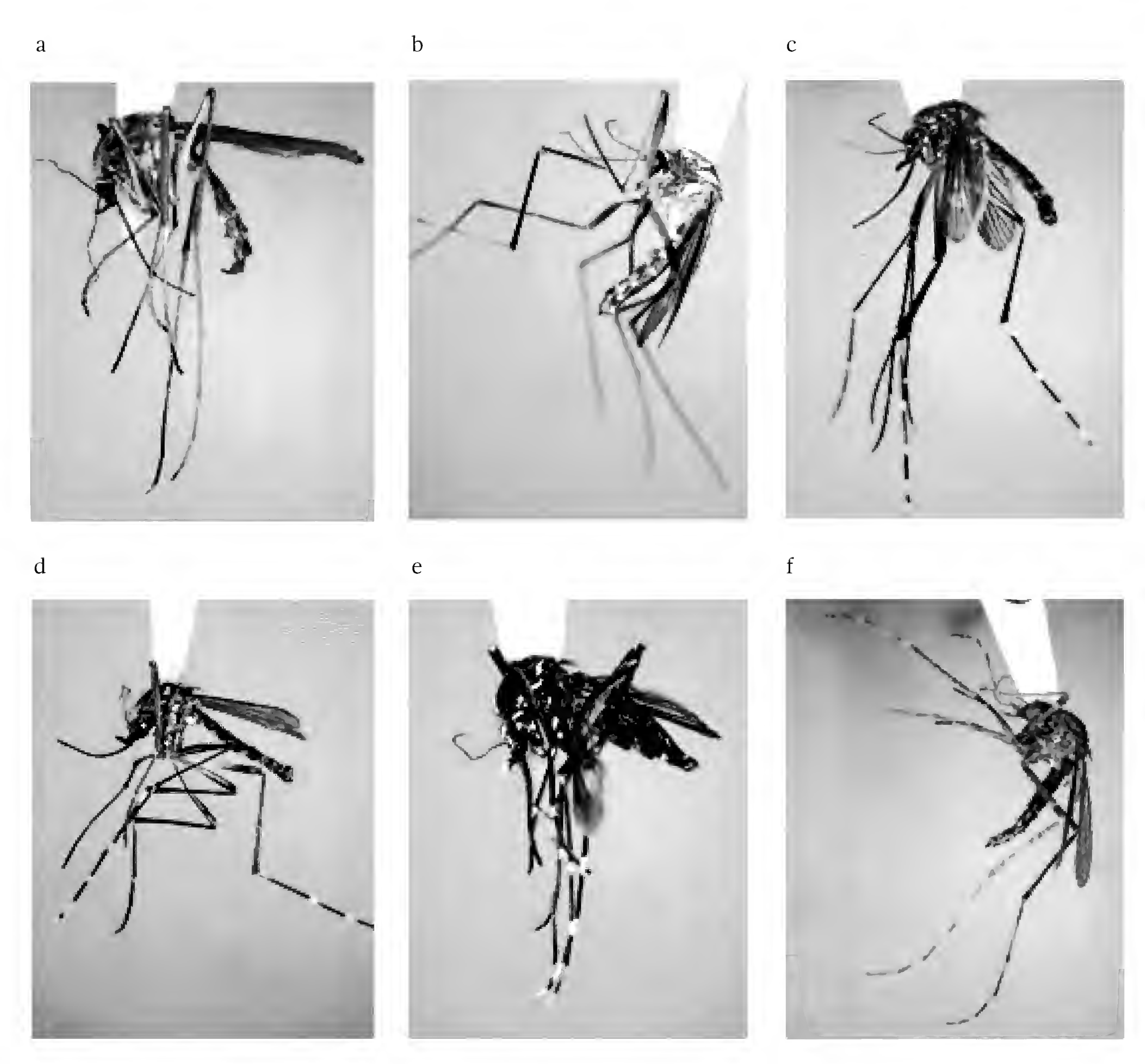


Figura 2. Diversidad de especies de mosquitos registradas en Coahuila: a) *Aedes trivittatus*; b) *Ae. triseriatus*; c) *Ae. zoosophus*; d) *Ae. aegypti*; e) *Ae. albopictus*; f) *Psorophora columbiae*. Fotos: Aldo I. Ortega Morales (a, c, d); David Arturo González Villarreal (b, e, f).

Sierras y Llanuras del Norte es una región completamente árida.

Como resultado de dichas condiciones de aridez, existen muchas especies de mosquitos que tienden a criarse en charcas temporales de lluvia, ya que éstas suelen ser los únicos cuerpos de agua disponibles para la reproducción a lo largo de grandes extensiones de terreno.

Los géneros *Psorophora* (figuras 2f y 3a, b, c) y el subgénero *Aedimorphus* de *Aedes* incluyen especies como *Ps. ciliata* (figura 3c), *Ps. columbiae* (figura 2f), *Ps. cyanescnes* (figura 3b), *Ps. signipennis* (figura 3a) y *Ae. vexans* (figura 1b) que se crían en charcas de lluvia, por lo que sus poblaciones sólo son abundantes durante la temporada lluviosa en verano (Carpenter y LaCasse 1955).

Las hembras de *Ae. vexans* y de algunas especies de *Psorophora* colocan sus huevos directamente sobre el suelo seco o húmedo. Ahí pueden

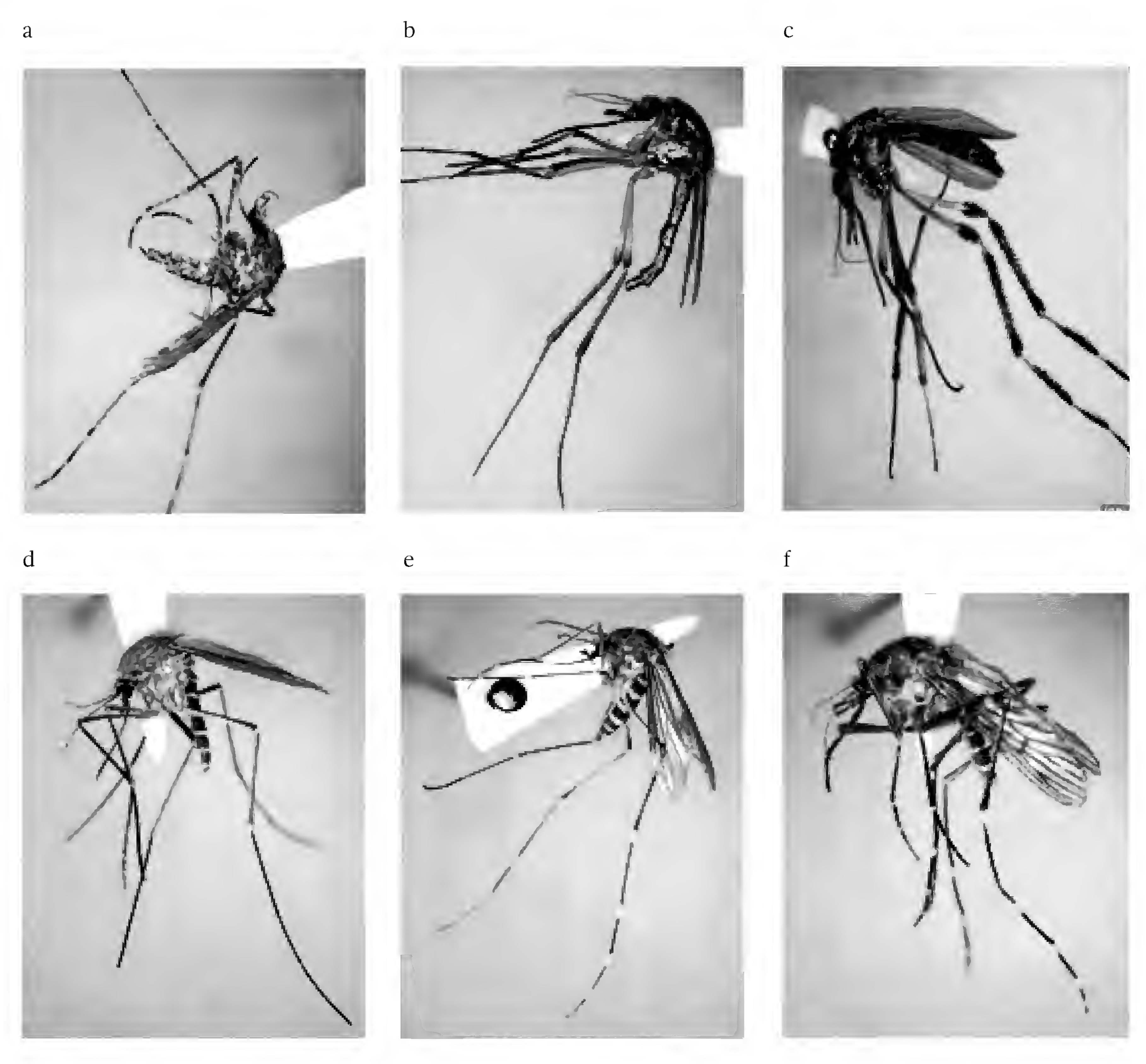


Figura 3. Diversidad de especies de mosquitos registradas en Coahuila: a) *Psorophora signipennis*; b) *Ps. cyanescens*; c) *Ps. ciliata*; d) *Culex quinquefasciatus*; e) *Cx. stigmatosoma*; f) *Culiseta particeps*. Fotos: Aldo I. Ortega Morales (a, f); David A. González Villarreal (b-e).

soportar desecación durante largos periodos de tiempo, hasta que un nuevo ciclo de lluvias se presenta e inunda el sitio donde los huevos están presentes; cuando el nivel de oxígeno disminuye en el agua por la actividad microbial, los huevos eclosionan y el ciclo de vida de estos mosquitos se repite (Becker *et al.* 2010).

Mosquitos de regiones boscosas

Las regiones boscosas en el estado comprenden la zona de la Sierra Madre Oriental en la subprovincia Gran Sierra Plegada, al sureste de Coahuila, y en Grandes Llanuras de Norteamérica, al norte de la entidad.

Los mosquitos que se crían en el agua de lluvia contenida en axilas de plantas bromeliáceas

Cuadro 1. Criaderos según la región en la que habitan los mosquitos de Coahuila.

Región	Tipo de criadero	Especies
Árida y semiárida	Contenedores artificiales con agua limpia	*Aedes epactius, Ae. aegypti, Ae. albopictus, Culex quinquefasciatus*
	Contenedores artificiales con agua contaminada	*Cx. quinquefasciatus, Cx. stigmatosoma*
	Charcas pluviales con agua alcalina, con o sin vegetación emergente	*Ae. vexans, Ae. scapularis, Ae. taeniorhynchus, Psorophora columbiae, Ps. signipennis, Ps. cyanescens, Cx. erythrothorax, Cx. stigmatosoma, Cx. tarsalis*
	Charcas pluviales con agua ácida y abundante vegetación emergente	*Ae. trivittatus, Ps. cyanescens, Ps. ciliata, Cx. coronator, Cx. interoogator, Cx. stigmatosoma, Cx. tarsalis*
	Márgenes de las corrientes de arroyos	*Anopheles franciscanus, An. pseudopunctipennis, Cx. Coronator*
Boscosa y montañosa	Contenedores artificiales con agua limpia	*Ae. aegypti, Cx. quinquefasciatus, Cx. restuans, Cx. thriambus, Cx. arizonensis, Culiseta particeps*
	Contenedores artificiales con agua contaminada	*Cx. quinquefasciatus, Cx. restuans, Cx. thriambus, Cx. tarsalis*
	Huecos de árboles	*Ae. muelleri, Ae. triseriatus, Ae. zoosophus, Orthopodomyia alba, Or. signifera*
	Axilas de bromelias	*Ae. quadrivittatus*
	Márgenes de las corrientes de arroyos	*Anopheles punctipennis, An. pseudopunctipennis*
	Charcas permanentes con abundante vegetación acuática	*An. crucians, An. quadrimaculatus, Cx. tarsalis, Cx. apicalis, Cx. arizonensis, Cs. particeps, Uranotaenia lowii, Ur. sapphirina*

Fuente: elaboración propia.

(fitotelmatas) suelen ser muy susceptibles a los cambios ambientales que provocan la conversión de hábitats, ya que las bromelias son plantas epífitas que crecen sobre árboles leñosos, principalmente encinos y robles. Cuando se talan estos árboles, se eliminan los recursos para que las bromelias crezcan, lo cual afecta directamente a los organismos que dependen de estos microhábitats para sobrevivir.

En Coahuila *Aedes quadrivittatus* se cría en estas plantas (Ortega-Morales 2010). La presencia o ausencia de esta especie de mosquito es directamente proporcional a la densidad poblacional de las bromelias y, por lo tanto, al nivel de conservación de las regiones boscosas. Como resultado de la deforestación de árboles en la sierra de Arteaga (subprovincia Gran Sierra Plegada), la densidad poblacional de bromelias disminuye

y, consecuentemente, se eliminan los criaderos de este insecto.

Otras especies que se crían en huecos de árboles (arborícolas) –como *Ae. muelleri, Ae. triseriatus, Ae. zoosophus, Orthopodomyia alba* y *O. signifera*– también pueden ser consideradas como bio-indicadoras del estado de conservación de las zonas boscosas de Coahuila.

Mosquitos de zonas urbanas

Algunas especies de mosquitos que viven cerca del ser humano (sinantrópicas) son abundantes en Coahuila, como *Aedes epactius, Ae. aegypti* y *Culex quinquefasciatus*; todas éstas se crían en contenedores artificiales con agua limpia, como llantas, cubetas, floreros y diversos cacharros (Ortega-Morales 2010).

Las dos primeras especies son altamente antropófagas, es decir, se alimentan sobre seres humanos, por lo que representan un problema para las personas, quienes suelen quejarse por las frecuentes picaduras que les provocan.

La especie *Ae. epactius* es la más abundante en regiones urbanas y suburbanas durante la temporada seca primaveral, mientras que *Ae. aegypti* es más abundante durante el verano en la estación lluviosa. Por su parte, *Cx. quinquefasciatus* se alimenta principalmente de la sangre de aves, aunque también puede alimentarse de la sangre de humanos y de otros animales (Harbach 2013).

Importancia médica

Ningún otro grupo de insectos ha recibido tanta atención en el mundo como los mosquitos pertenecientes a la familia Culicidae, y esto se debe a que algunas especies son importantes vectores de diversos agentes infecciosos (patógenos), que causan enfermedades tanto al ser humano como a los animales domésticos y silvestres. El dengue, la fiebre amarilla, el virus del Nilo Occidental y el paludismo son sólo algunos ejemplos de enfermedades provocadas por mosquitos, como se muestra en el cuadro 2 (Harwood y James 1993).

El mosquito tigre asiático (*Ae. albopictus*) fue reportado por primera vez en Coahuila en el municipio de Múzquiz, en la subprovincia Sierras y Llanuras Coahuilenses (Rodríguez y Ortega 1994), desde donde ha extendido su distribución hasta el centro del estado. Actualmente se ha reportado en los municipios de Piedras Negras y Monclova (Aguirre *et al.* 2008, Ortega-Morales 2010).

Esta especie es considerada el segundo vector del dengue más importante en el mundo, después de *Ae. aegypti*. El dengue es la enfermedad transmitida por mosquitos más importante en Coahuila y en México (cenaprece 2010), aunque no es la única (cuadro 2). Recientemente se han reportado casos de chikungunya en el sureste del estado, enfermedad transmitida por *Ae. aegypti* y *Ae. albopictus* (ss 2015, comunicación personal).

Con base en lo anterior, es importante mantener actualizado el listado faunístico de culícidos, para conocer qué otras especies pudieran estar presentes en la entidad.

Conclusión

El médico cubano Carlos Finlay postuló por primera vez, en 1881, que los mosquitos podían transmitir la fiebre amarilla a través de su picadura. Posteriormente, en 1898, el científico británico Sir Ronald Ross demostró que los mosquitos pueden ser vectores biológicos de la malaria. Desde entonces el control de estos insectos ha recibido una gran atención e interés alrededor del mundo.

Sin embargo, los mosquitos deben ser estudiados también desde el punto de vista ecológico, para lograr una comprensión holística de su importancia y cómo ayudan a la conservación de los hábitats en Coahuila; es importante estudiar

Cuadro 2. Relación de enfermedades transmitidas por mosquitos tanto en México como en Coahuila.

Especie	Enfermedad	México	Coahuila
Anopheles pseudopunctipennis y *An. albimanus*	Paludismo	•	
Aedes scapularis y *Psorophora columbiae*	Encefalitis equina venezolana	Erradicada	
Ae. taeniorhynchus	Encefalitis equina del este		
Ae. trivittatus, Ae. taeniorhynchus, Culex quinquefasciatus	Virus Trivittatus		
	Gusano del corazón del perro (*Dirofilaria immitis*)	•	•
Ae. triseriatus	Encefalitis de LaCrosse		
Ae. aegypti y *Ae. albopictus*	Dengue	•	•
	Chikungunya	•	•
	Zika	•	
Cx. nigipalpus	Encefalitis equina del este		
	Encefalitis de San Luis		
	Virus del Nilo Occidental	•	•
Cx. quinquefasciatus	Encefalitis equina del este		
	Encefalitis de San Luis		
	Virus del Nilo Occidental	•	•
	Gusano del corazón del perro (*D. immitis*)	•	•

• Presente.
Fuente: Harwood y James 1993, CENAPRECE 2010.

la biología, la ecología, la taxonomía y demás aspectos que muestran la riqueza de estos bellos e interesantes invertebrados.

Referencias

Aguirre, U.L., S.P. Vergara, O.M. Oswaldo *et al.* 2008. Culicid distribution in Coahuila, Mexico. *Southwestern Entomologist* 33(3):219-222.

Altunar-López, R. 2010. *Registros de mosquitos IV: los mosquitos de la Comarca Lagunera de Coahuila, México.* Tesis de licenciatura en ingeniería agrónoma parasitóloga. UAAAN-Unidad Laguna, Coahuila.

Ávila-Torres, A. 1993. *Identificación de las especies de mosquitos (Diptera: Culicidae) en la Comarca Lagunera.* Tesis de licenciatura en ingeniería agrónoma parasitóloga. UAAAN-Unidad Laguna, Coahuila.

Becker, N., D. Petric, M. Zgomba *et al.* 2010. *Mosquitoes and their control.* Springer, Berlín.

Carpenter, S.J. y W.J. LaCasse. 1955. *Mosquitoes of North America (north of Mexico).* University California Press, California.

CENAPRECE. Centro Nacional de Programas Preventivos y Control de Enfermedades. 2010. Declaratorias de

emergencia. En: <*http://www.cenaprece.salud.gob.mx/index.html*>, última consulta: 10 de julio de 2013.

Díaz-Nájera, A. y L. Vargas. 1973. Mosquitos mexicanos, distribución geográfica actualizada. *Revista de Investigación en Salud Pública* 33:111-125.

Harbach, R.E. 2013. *Culex pipiens*: species versus species complex-taxonomy history and perspective. *Culex pipiens* Complex Symposium Bulletin no. 8. *Journal of the American Mosquito Control Association* 28(4):10-23.

Harbach, R.E. 2014. Mosquito taxonomic inventory. En: <*http://mosquito-taxonomic-inventory.info/*>, última consulta: 10 de julio de 2013.

Harwood, R.F. y M.T. James. 1993. *Entomología médica y veterinaria*. Uthea Noriega Editores, México.

Heinemann, S.J. y J.N. Belkin. 1977. Collection records of the Project "Mosquitoes of Middle America". Mexico (MEX, MF, MT, MX). *Mosquito Systematics* 9(4):483-535.

Hernández-Hernández, F. 2005. *Identificación de especies de Culícidos hematófagos en la Comarca Lagunera*. Tesis de licenciatura en ingeniería agrónoma parasitóloga. UAAAN-Unidad Laguna, Coahuila.

Hernández-Rodríguez, J. 2010. *Registros de mosquitos II: los mosquitos de la Sierra Madre Oriental de Coahuila, México*. Tesis de licenciatura en ingeniería agrónoma parasitóloga. UAAAN-Unidad Laguna, Coahuila.

Ibáñez, B.S. y C.C. Martínez. 1994. Clave para la identificación de larvas de mosquitos comunes en las áreas urbanas y suburbanas de la república mexicana (Diptera: Culicidae). *Folia Entomológica Mexicana* 92:43-73.

INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2010. México en cifras. En: <*http://www.inegi.org.mx/*>, última consulta: 10 de julio de 2010.

Lehane, M.J. 2005. *The biology of blood-sucking in insects*. Cambridge University Press, Londres.

Martini, E. 1935. *Los mosquitos de México*. Boletines técnicos, serie A Entomología médica y parasitología no. 1. Departamento de Salud Pública, México.

Ortega-Morales, A. 2010. *Los mosquitos del noreste de México (Diptera: Culicidae)*. Tesis de doctorado en entomología médica. UANL, Nuevo León.

Rodríguez, T.M. y M.M. Ortega. 1994. *Aedes albopictus* in Muzquiz city, Coahuila, Mexico. *Journal of the American Mosquito Control Association* 10(4):587.

SS. Secretaría de Salud del Estado de Coahuila. 2015. Comunicación personal.

Tamayo-Citalán, A. 2007. *Identificación de especies de Culícidos hematófagos en la Comarca Lagunera. México*. Tesis de licenciatura en ingeniería agrónoma parasitóloga. UAAAN-Unidad Laguna, Coahuila.

Vargas, L. 1956. Especies y distribución de mosquitos mexicanos no anofelinos. *Revista del Instituto de Salubridad y Enfermedades Tropicales* 16(1):19-36.

Vargas, L. y A.P. Martínez. 1956. *Anofelinos mexicanos, taxonomía y distribución*. Secretaría de Salubridad y Asistencia (SSA), Comisión Nacional para la Erradicación del Paludismo, México.

WRBU. Walter Reed Biosystematics Unit. 2005. Systematic catalog of Culicidae. En: <*http://www.mosquitocatalog.org/*>, última consulta: 10 de julio de 2013.

Otros insectos que se alimentan de sangre

Sergio Ibáñez Bernal y Eduardo Alfonso Rebollar Téllez

Descripción

Los insectos que se alimentan de sangre se conocen como hematófagos; algunos ejemplos de estos organismos son los mosquitos, los piojos, las pulgas y las chinches. Constituyen un gremio alimentario muy importante para la salud pública, ya que un gran número de patógenos pueden ser transmitidos por estos insectos a humanos y animales.

La hematofagia es una forma de parasitismo que se desarrolló evolutivamente de manera independiente en al menos seis ocasiones, por lo que varios órdenes de insectos incluyen especies con estos hábitos de alimentación (Lehane 2005). En los grupos de insectos hematófagos existen estrategias variadas que se reflejan en la velocidad de alimentación (lenta o rápida) y en el grado de asociación con los hospederos vertebrados (temporales o permanentes; Balashov 1984).

Históricamente los insectos que se alimentan de sangre se han asociado a los ambientes cálidos y húmedos, y se les considera como transmisores de organismos causantes de enfermedades que de forma genérica se han designado como tropicales (OMS 2014). Por tal motivo, los estudios de la fauna de insectos involucrados con enfermedades se han desarrollado con mayor intensidad en el sur y sureste del país. Las zonas más secas de México han sido poco estudiadas y, por lo tanto, se conoce muy poco de este grupo de insectos en el centro y en el norte.

Diversidad

En Coahuila son muy pocos los registros de insectos que se alimentan de sangre. Hasta ahora se han reportado cuatro órdenes: piojos (Phthiraptera), chinches (Hemiptera), pulgas (Siphonaptera), moscas y mosquitos (Diptera). En total se registran nueve familias y 14 géneros, con 23 especies (cinco invasoras/exóticas), una de ellas con dos subespecies (apéndice 22). Es posible que al menos otras 30 especies se distribuyan en el estado, dado que existen reportes de ellas en lugares aledaños, tanto de México como de Estados Unidos de América (Papavero 1967-1984, Stone *et al.* 1965).

A continuación se presenta la información de los órdenes, familias y especies de insectos hematófagos reportados en Coahuila (cuadro 1).

Ibáñez-Bernal, S. y E.A. Rebollar-Téllez. 2018. Otros insectos que se alimentan de sangre. En: *La biodiversidad en Coahuila. Estudio de Estado*, vol. II. CONABIO/Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza, México, pp. 281-287.

Cuadro 1. Insectos hematófagos reportados en Coahuila.

Orden	Nombre común y científico	Municipio	Fuente
Phthiraptera	Piojo de la cabeza (*Pediculus humanus capitis*)	Abasolo, Monclova, Saltillo	–
Hemiptera	Chinche hocicona (*Triatoma gerstaeckeri*)	Sabinas, Ocampo	Martínez-Tovar *et al.* 2013
	Chinche hocicona (*T. protracta woodi* y *T. protracta zacatecensis*)	Sabinas	Zárate y Zárate 1985
	Chinche hocicona (*T. rubida*)	Ocampo	Martínez-Tovar *et al.* 2013
Siphonaptera	Pulga (*Euhoplopsyllus glacialis affinis*)	–	Salceda-Sánchez y Hastriter 2006
	Pulga (*Pulex simulans*)	Gómez Farías	Salceda-Sánchez y Hastriter 2006
	Xenopsylla cheopis	–	Salceda-Sánchez y Hastriter 2006
	Pulga (*Anomiopsyllus nudatus hiemalis*)	Sabinas	Salceda-Sánchez y Hastriter 2006
	Pulga (*A. novomexicanensis*)	Sabinas	Salceda-Sánchez y Hastriter 2006
	Pulga (*Ctenophthalmus pseudagyrtes* y *C.micropus*)	–	Salceda-Sánchez y Hastriter 2006
	Pulga (*Myodopsylla collinsi*)	Sabinas	Salceda-Sánchez y Hastriter 2006
Diptera	Chaquiste (*Culicoides crepuscularis* y *C. sonorensis*)	San Pedro	Huerta *et al.* 2012
	Jején (*Simulium bobpetersoni, S. mediovittatu, S. trivittatum, S. veracruzanum*)	–	Ibáñez-Bernal y Coscarón 1996
	Jején (*Tlalocomyia muzquicensis*)	Múzquiz	Ibáñez-Bernal y Coscarón 1996
	Papalotilla (*Lutzomyia diabolica*)	Múzquiz	Díaz-Nájera 1970
	Papalotilla (*L. texana*)	Jiménez, Múzquiz	Ibáñez-Bernal 2000a
	Esenbeckia schusteri	–	Ibáñez-Bernal y Coscarón 2000
	Tábano (*Tabanus cazieri*)	–	Ibáñez-Bernal y Coscarón 2000

Orden Phthiraptera

Se conocen alrededor de 3 mil especies de piojos en el mundo. Son insectos que carecen de alas y viven como ectoparásitos obligados de aves y mamíferos. Se consideran parásitos continuos, ya que todas las etapas de su desarrollo ocurren sobre el cuerpo del hospedero (Smith y Page 1997). El grupo se divide en cuatro subórdenes, de los cuales destacan por su importancia Ischnocera y Amblycera, conocidos como piojos masticadores, y Anoplura, que agrupa a los piojos chupadores de la sangre de mamíferos. En el estado únicamente se reporta una especie (cuadro 1, apéndice 22), perteneciente a la familia Pediculidae, que corresponde a los piojos humanos (figura 1).

La familia Pediculidae incluye especies con la cabeza tan larga como el tórax y con presencia de ojos, el tórax más angosto que el abdomen, este último alargado y sin lóbulos laterales, con las patas medias y posteriores no apreciablemente más gruesas que las anteriores (Borror *et al.* 1981). Aún se encuentra en debate si el piojo humano del cuerpo y el de la cabeza son especies distintas o subespecies.

La infestación por el piojo de la cabeza (*Pediculus humanus capitis*, figura 1) se conoce como pediculosis de cabeza. En años recientes ha habido un repunte de infestaciones, y durante el 2013 diversos medios de comunicación informaron de tal problema en escuelas de los municipios de Monclova, Saltillo y Abasolo.

Orden Hemiptera

Comprende más de 84 500 especies conocidas en el mundo. El suborden Heteroptera es el que incluye especies que se alimentan de sangre. Su nombre hace referencia a que la porción basal de las alas anteriores está más endurecida que la mitad apical membranosa, y además se caracterizan por poseer un aparato bucal chupador (Grimaldi y Engel 2005).

Para el estado sólo se reporta la familia Reduviidae (subfamilia Triatominae), de las chinches conocidas como besuconas u hociconas. Esta subfamilia es la única que presenta el hábito de alimentarse de sangre. Los triatomineos son chinches que tienen un tamaño entre 0.5 y 4.5 cm, y es característica la forma alargada de su cabeza y la probóscide larga. Tanto machos como hembras se alimentan de sangre, por lo que ambos sexos son importantes epidemiológicamente.

Hasta ahora se han registrado en Coahuila tres especies del género *Triatoma*: *T. gerstaeckeri* (figura 2), *T. protracta* y *T. rubida* (Martínez Tovar *et al.* 2013, cuadro 1), que se han encontrado infectadas por *Trypanosoma cruzi*, protozoario que causa la enfermedad de Chagas.

La especie *T. gerstaeckeri* (figura 2) se distribuye en Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, San Luis Potosí y Tamaulipas. Tiende a introducirse



Figura 1. *Pediculus humanus capitis,* piojo causante de la pediculosis de cabeza. Foto: Sergio Ibáñez-Bernal.



Figura 2. *Triatoma gerstaeckeri,* chinche vector potencial de la enfermedad de Chagas. Foto: César Sandoval.

a los domicilios humanos y, por esa razón, es un importante transmisor de la enfermedad de Chagas. Los registros para el estado son del municipio de Ocampo (Martínez-Tovar *et al.* 2013).

T. protracta tiene subespecies que se distribuyen en Baja California, Baja California Sur, Chihuahua, Coahuila, Durango, Nuevo León, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, Tamaulipas y Zacatecas. Los registros en la entidad son del municipio de Sabinas (Zárate y Zárate 1985).

Para *T. rubida* se conocen cinco subespecies, con registros en Baja California, Coahuila, Nayarit, Sinaloa, Sonora y un registro dudoso en Veracruz. Esta especie se reportó por primera vez para Coahuila recientemente, en el municipio de Ocampo (Martínez-Tovar *et al.* 2013).

Orden Siphonaptera

Las pulgas adultas son parásitos externos de vertebrados con sangre caliente (mamíferos y aves). Las larvas se alimentan de materia orgánica en descomposición, carecen de patas y tienen forma de gusano, y requieren una etapa de transformación (pupa) para convertirse en adultas. Algunas pulgas se pueden considerar parásitos transitorios, ya que sólo el adulto mantiene una relación parasitaria con el hospedero; ciertas pulgas se clasifican como parásitos intermitentes, al recurrir al hospedero sólo para alimentarse.

Se han descrito alrededor de 2 500 especies en el mundo. Las obras más recientes publicadas en México acerca de pulgas son las de Morales-Muciño y Llorente-Bousquets (1986), Ayala-Barajas *et al.* (1988), Ponce-Ulloa y Llorente-Bousquets (1996), Acosta y Morrone (2003), Salceda-Sánchez (2004) y Salceda-Sánchez y Hastriter (2006).

En general el cuerpo de las pulgas es muy duro, está comprimido lateralmente y carece de alas, por lo que su desplazamiento depende del gran desarrollo de sus patas posteriores, que les permiten saltar para sujetarse entre el pelo o plumas de sus hospederos. Las partes bucales están adaptadas para alimentarse de sangre, los ojos y las antenas están reducidos.

Independientemente de las molestias y daños que causan sus picaduras, algunas especies son transmisoras de organismos patógenos muy importantes, como *Rickettsia typhi* causante del tifo murino y *Yersinia pestis* que produce la peste bubónica al humano y roedores, pero también pueden transmitir otros patógenos, como *R. felis* y *Bartonella henselae* (virus de la mixomatosis), gusanos helmintos del género *Hymenolepis* y tripanosomas del género *Herpetosoma*.

Aun cuando en condiciones normales tienen especificidad por hospederos para alimentarse, pueden utilizar otros vertebrados, lo que favorece la transmisión de organismos patógenos. En Coahuila se reportan tres familias, seis géneros y ocho especies (cuadro 1, apéndice 22).

De la familia Pulicidae se conocen alrededor de 185 especies en el mundo. Los hospederos más comunes son roedores y lagomorfos (conejos y liebres). En Coahuila se reportan tres especies pertenecientes a esta familia.

La familia Ctenophthalmidae es muy diversa en especies que son, en su mayoría, parásitas de roedores y musarañas, y algunas de carnívoros pequeños. Tres especies fueron reportadas en nidos de roedores del género *Neotoma* en la ciudad de Sabinas (cuadro 1).

Los miembros de la familia Ischnopsyllidae se conocen como pulgas de murciélagos. Sólo se ha registrado *Myodopsylla collinsi*, colectado sobre guano de murciélago en Sabinas.

Orden Diptera

Se estima que este orden de insectos, que incluye a las moscas y mosquitos, debe tener cerca de 300 mil especies en el mundo, aunque sólo se han descrito alrededor de 160 mil. Es un grupo

significativo al considerar su función en los ecosistemas, independientemente de la importancia económica y en salud pública y animal que poseen. Los adultos se reconocen porque sólo el primer par de alas son membranosas y funcionales para volar, mientras que el segundo par se encuentra modificado para conformar unas estructuras pequeñas llamadas balancines, que funcionan como órganos de equilibrio durante el vuelo.

Todos los dípteros adultos tienen las piezas bucales adaptadas para ingerir alimento líquido o partículas sólidas muy finas, como polen. Algunas especies se adaptaron para consumir sangre de vertebrados, lo que produce daño directo por picadura y es una vía de acceso para organismos patógenos.

A este grupo pertenecen, además de las familias que aquí se presentan, los mosquitos de la familia Culicidae (véase Mosquitos, en esta misma obra). Los dos volúmenes de *Manual of central american Diptera* (Brown 2009, 2010) constituyen obras de consulta obligada para los interesados en ahondar más en este diverso y complicado grupo de insectos. Para Coahuila se reportan cuatro familias que se describen a continuación.

La familia Ceratopogonidae está ampliamente distribuida en el mundo, desde zonas costeras hasta montañas altas, y desde los trópicos hasta la tundra ártica (Borkent 2005). Se conocen aproximadamente 6 400 especies en el mundo, clasificadas en 135 géneros (Borkent 2013). La distribución y la riqueza de estos organismos en México han sido revisadas por Ibáñez-Bernal *et al.* (1996) y Huerta *et al.* (2012), quienes registraron en Coahuila dos especies del género *Culicoides*, que tiene importancia médico-veterinaria, ya que incluye especies con la capacidad de transmitir virus, protozoarios y nematodos (Borkent 2005).

La familia Simuliidae incluye insectos pequeños (1.5 a 4 mm), jorobados y casi siempre oscuros (Adler y Crosskey 2013). Sólo las hembras se alimentan de sangre. En México se han registrado 89 especies, aunque si se consideran los complejos de especies no resueltos, los registros deben aumentar. Las especies conocidas en México han sido revisadas por Vargas y Díaz-Nájera (1957) e Ibáñez-Bernal y Coscarón (1996). En Coahuila se reportan cinco especies de los géneros *Simulium* y *Tlalocomyia* (cuadro 1).

La familia Psychodidae (subfamilia Phlebotominae) es un grupo de moscas pequeñas (1.3 a 3.5 mm) cuyas particulares distinciones en los adultos son las vellosidades que recubren el cuerpo y la posición erecta de las alas cuando están en reposo. Sólo las hembras se alimentan de sangre, la cual pueden adquirir de diferentes órdenes de vertebrados. Se estiman 700 especies en el mundo, y en México se han reportado alrededor de 45 (Ibáñez-Bernal *et al.* 2010).

La revisión taxonómica de Phlebotominae en México fue elaborada por Ibáñez-Bernal (2000a, b). El estudio de estos insectos en Coahuila es escaso, sólo se han registrado dos especies (cuadro 1), y el reporte más reciente es de 1973. Estos insectos se relacionan principalmente con la transmisión de los agentes causales de las leishmaniasis (McHugh *et al.* 1993). En Coahuila existe un reporte de casos de leishmaniasis cutánea difusa (Ramos-Aguirre 1970).

La familia Tabanidae incluye a las moscas conocidas como tábanos, moscas del venado o moscas de los caballos (Fairchild y Burger 1994, Goodwin y Drees 1996). Se han descrito alrededor de 4 mil especies en el mundo, y en México la familia ha sido revisada por Ibáñez-Bernal y Coscarón (2000). Algunas especies se han considerado vectores potenciales de tularemia y de la filaria *Loa loa*, y se ha sugerido su posible papel en la transmisión de la enfermedad de Lyme (Service 1996); se desconoce el papel que podrían desempeñar las especies de tábanos en la transmisión de dicha enfermedad en Coahuila.

Conclusión

Los insectos que se alimentan con sangre –excepto los mosquitos– han sido poco estudiados en Coahuila, con reportes de sólo 23 especies en nueve familias y cuatro órdenes. Faltan muchos estudios que permitan conjuntar y conocer la verdadera riqueza de especies en el estado. Destaca la necesidad de tener un mejor conocimiento de la fauna de insectos que se alimentan de sangre, para poder valorar el riesgo epidemiológico de enfermedades en humanos y otros vertebrados. En este sentido sería de gran utilidad que los estudios reflejaran, además, la distribución geográfica y estacional de estos insectos.

Lo anterior permitiría enfocar y mantener la vigilancia epidemiológica en las áreas y estaciones del año de mayor riesgo, con respecto a la transmisión de enfermedades humanas y de animales domésticos y silvestres, tanto de aquellas ya establecidas en la región (endémicas) como de otras que se encuentran en expansión geográfica (enfermedades emergentes y re-emergentes), propiciada por la modificación de ambientes naturales, la colonización de áreas silvestres, la movilidad humana y animal, el comercio globalizado, la carencia de infraestructura urbana y la pobreza.

De igual forma, la ampliación de estudios acerca de estos insectos podría servir, incluso, para planear y realizar acciones preventivas ante los riesgos del cambio global del clima y de los ecosistemas.

Agradecimientos

Ibáñez-Bernal fue apoyado por el proyecto INECOL-10816 del Laboratorio de Sistemática y Ecología de Insectos con Interés Médico de la Red Ambiente y Sustentabilidad del Instituto de Ecología, A.C. (INECOL) y Rebollar-Téllez recibió financiamiento del proyecto de redes PROMEP-SEP: "Diversidad y Conservación de Ecosistemas Naturales" aprobado al cuerpo académico de Acarología y Entomología (FCB-UANL).

Referencias

Acosta, R. y J.J. Morrone. 2003. Clave ilustrada para la identificación de los taxones supraespecíficos de Siphonaptera de México. *Acta Zoológica Mexicana* 89:39-53.

Adler, P.H. y R.W. Crosskey. 2013. World blackflies (Diptera: Simuliidae): a fully revised edition of the taxonomic and geographical inventory. En: <*http://www.clemson.edu/cafls/biomia/pdfs/blackflyinventory.pdf*>, última consulta: noviembre de 2013.

Ayala-Barajas, R., J.C. Morales-Muciño, N. Wilson *et al.* 1988. *Catálogo de pulgas (Insecta, Siphonaptera)*. Serie de Catálogos del Museo de Zoología Alfonso L. Herrera, no. 1, UNAM, México.

Balashov, Y.S. 1984. Interaction between blood-sucking arthropods and their hosts, and its influence on vector potential. *Annual Review of Entomology* 29:137-156.

Borkent, A. 2005. The biting midges, the Ceratopogonidae (Diptera). En: *Biology of disease vectors*. W.C. Marquardt (ed.). Elsevier Academic Press, San Diego, pp. 113-126.

Borkent, A. 2013. Catalog of Ceratopogonidae of the world. En: <*http://www.inhs.illinois.edu/research/FLYTREE/WorldCatalogtaxa.pdf*>, última consulta: noviembre de 2013.

Borror, D.J., D.M. De Long y C.A. Triplehorn. 1981. *An introduction to the study of insects*. Saunders College Publishing, Philadelphia.

Brown, B.V. (ed.). 2009. *Manual of central american Diptera*, vol. 1. NRC Research Press. National Research Council of Canada (CNRC), Canadá.

——. 2010. *Manual of central american Diptera*, vol. 2. NRC Research Press. National Research Council of Canada (CNRC), Canadá.

Díaz-Nájera, A. 1970. Presencia de *Lutzomyia (Lutzomyia) diabolica* (Hall, 1936) en Múzquiz, Coahuila, México (Diptera: Psychodidae). *Revista de Investigación en Salud Pública* 31:62-66.

Fairchild, G.B. y J.F. Burger. 1994. *A catalog of the Tabanidae (Diptera) of the Americas south of the United States*. Memoirs of the American Entomology Institute. Associated Publishers, Florida.

Friend, W.G. y J.J.B. Smith. 1977. Factors affecting feeding by bloodsucking insects. *Annual Review of Entomology* 22:309-331.

Goodwin, J.T. y B.M. Drees. 1996. The horse and deer flies (Diptera: Tabanidae) of Texas. *Southwestern Entomologist* (Supplement 20):1-140.

Grimaldi, D. y M.S. Engel. 2005. *Evolution of the insects*. Cambridge University Press, Londres.

Huerta, H., A.M. Rodríguez Castrejón, W.L. Grogan, Jr. y S. Ibáñez-Bernal. 2012. New records of biting midges of the genus *Culicoides* Latreille from Mexico (Diptera: Ceratopogonidae). *Insecta Mundi* 211:1-20.

Ibáñez-Bernal, S. 2000a. *Los Phlebotominae (Diptera: Psychodidae) de México*. Tesis de doctorado. Facultad de Ciencias-UNAM, México.

——. 2000b. Psychodidae (Diptera). En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento*, vol. II. J.E. Llorente-Bousquets, E. González-Soriano y N. Papayero (eds.). UNAM/CONABIO, México, pp. 607-626.

Ibáñez-Bernal, S. y S. Coscarón. 1996. Simuliidae (Diptera). En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento*, vol. I. J.E. Llorente-Bousquets, A.N. García-Aldrete y E. González Soriano (eds.). UNAM/CONABIO, México, pp. 579-589.

——.2000. Tabanidae (Diptera). En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento*, vol. II. J.E. Llorente-Bousquets, E. González Soriano y N. Papavero (eds.). UNAM/CONABIO, México, pp.593-606.

Ibáñez-Bernal, S., E. May-Uc y E.A. Rebollar-Téllez. 2010. Two new species of Phlebotomine sand flies from Quintana Roo, Mexico (Diptera: Psychodidae, Phlebotominae). *Zootaxa* 2448:26-34.

Ibáñez-Bernal, S., W.W. Wirth y H. Huerta-Jiménez. 1996. Ceratopogonidae (Diptera). En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento*, vol. I. J.E. Llorente-Bousquets, A.N. García-Aldrete y E. González Soriano (eds.). UNAM/CONABIO, México, pp. 567-577.

Lehane, M. 2005. *The biology of blood-sucking in insects*. Cambridge University Press, Londres.

Martínez-Tovar, J.G., J.J. Rodríguez-Rojas, W. Arque-Chunga *et al*. 2013. Nuevos registros geográficos y notas de infección de *Triatoma gerstaeckeri* (Stål) y *Triatoma rubida* (Uhler) (Hemiptera: Reduviidae: Triatominae) en Nuevo León y Coahuila, México. *Acta Zoológica Mexicana* 29:227-233.

McHugh, C.P., M. Grogl y R.D. Kreutzer. 1993. Isolation of *Leishmania mexicana* (Kinetoplastida: Trypanosomatidae) from *Lutzomyia anthophora* (Diptera: Psychodidae) collected in Texas. *Journal of Medical Entomology* 30:631-633.

Morales-Muciño, J.C. y J. Llorente-Bousquets. 1986. Estado actual del conocimiento de los Siphonaptera de México. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México* 56 (serie Zoología, 2):497-554.

OMS. Organización Mundial de la Salud. 2014. Enfermedades tropicales. En: <*http://www.who.int/topics/tropical_diseases/es/*>, última consulta: junio de 2014.

Papavero, N. (ed.). 1967-1984. *A catalogue of the Diptera of the Americas south of the United States*. Museu do Zoologia, Brasil.

Ponce-Ulloa, H.E. y J.E. Llorente-Bousquets. 1996. Siphonaptera. En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento*, vol. I. J.E. Llorente-Bousquets, A.N. García-Aldrete y E. González Soriano (eds.). UNAM/CONABIO, México, pp. 553-565.

Ramos-Aguirre, C. 1970. Leishmaniasis en la región carbonífera de Coahuila. *Revista Mexicana de Dermatología* 14:39-45.

Reinhardt, K. y M.T. Siva-Jothy. 2007. Biology of the bedbugs (Cimicidae). *Annual Review of Entomology* 52:351-374.

Salceda-Sánchez, B. 2004. Clave para la identificación de adultos de las especies de pulgas (Insecta: Siphonaptera) comunes y de mayor importancia médica en México. *Folia Entomológica Mexicana* 43:27-41.

Salceda-Sánchez, B. y M.W. Hastriter. 2006. A list of the fleas (Siphonaptera) of Mexico with new hosts and distribution records. *Zootaxa* 1296:29-43.

Service, M.W. 1996. *Medical entomology for students*. Chapman and Hall, EUA.

Smith, V. y R. Page. 1997. Phthiraptera. Parasitic lice. Version 7 March 1997 (under construction). En: <*http://tolweb.org/Phthiraptera/8237/1997.03.07 in The Tree of Life Web Project, http://tolweb.org/*>, última consulta: mayo de 2014.

Stone, A., C.W. Sabrosky, W.W. Wirth *et al*. (ed.). 1965. *A catalog of the Diptera of America north of Mexico*. US Department of Agriculture. Agriculture Handbook 276. US Government Printing Office, Washington.

Vargas, L. y A. Díaz-Nájera. 1957. Simúlidos mexicanos. *Revista del Instituto de Salubridad y Enfermedades Tropicales* 17:143-399.

Zárate, L.G. y R.J. Zárate. 1985. A checklist of the Triatominae (Hemiptera: Reduviidae) of Mexico. *International Journal of Entomology* 27:102-127.

Vertebrados

Resumen ejecutivo

José Gamaliel Castañeda Gaytán

Coahuila posee una amplia diversidad biológica que se caracteriza por contar con una especial singularidad. Esto se debe a su extensión territorial (es la tercera entidad más grande de México), al relieve heterogéneo y a su clima (muy seco y semicálido), factores que han propiciado una interesante diversidad de vertebrados y constituyen uno de los elementos principales del paisaje conformado por llanuras y sierras.

La sección de vertebrados describe la riqueza de especies de cada grupo biológico que, aunque moderada en comparación con otros estados, es de excepcional particularidad: de las 789 especies de vertebrados oficialmente reconocidas para Coahuila, 99 de ellas son consideradas endémicas para México.

Asimismo el análisis para los diferentes grupos destaca la relevancia de las especies, su situación actual, el grado de vulnerabilidad y las amenazas principales que enfrentan, pues 169 de las referidas especies están bajo alguna categoría de vulnerabilidad de acuerdo a la legislación nacional (SEMARNAT 2010) y al menos 43 de ellas se presentan con el mismo estatus a nivel internacional (Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza; UICN).

Las aves conforman el grupo más diverso con 429 especies (apéndices 26, 27 y 29), seguido de mamíferos (126; apéndices 28, 29 y 30), reptiles (122; apéndices 25 y 29), peces (87; apéndice 23) y finalmente anfibios (24; apéndice 24). Esto se debe, por un lado, a que la entidad forma parte de una importante ruta migratoria de aves y, por otro, a que el patrón de precipitación típico del Desierto Chihuahuense no es favorable para los anfibios. En el caso de los peces, a pesar de la condición de aridez y escasa humedad, el grupo cuenta con una diversidad mayor a lo que podría esperarse y destaca por su gran cantidad de endemismos.

Al ser un estado con características de semidesierto, la disponibilidad de recursos hídricos determina una serie de mecanismos complejos de aislamiento y especiación biológica que definen la distribución de algunas especies, como las conformadas por los peces de Cuatro Ciénegas (*Cichlasoma minckleyi, Cyprinella xanthicara*), algunas tortugas (*Terrapene coahuila, Trachemys taylori*) y varias aves migratorias.

Con esto se destaca parte de la relevancia que puede descubrir la ciencia en un complejo escenario evolutivo, como lo ha sido la región. No obstante, su importancia radica también en el valor que representa al ser proveedor de servicios

---

Castañeda-Gaytán, G. 2018. Resumen ejecutivo. Vertebrados. *La biodiversidad en Coahuila. Estudio de Estado*, vol. II. CONABIO/ Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza, México, pp. 291-292.

ecosistémicos (control de plagas, equilibrio de ecosistemas, polinización, dispersión de semillas, etc.) y constituir una significativa fuente de ingresos.

Algunas especies poseen valor cinegético, como el borrego cimarrón, el guajolote silvestre y las codornices escamosa y común; otras especies, como carpas, tilapias y bagres, son el sustento de algunas comunidades locales; o son un componente cultural y de identidad que puede desarrollarse por su peculiaridad y distribución restringida, como el caso de las aves de ornato en peligro de extinción de Zapalinamé, los lacertilios representativos de la Comarca Lagunera o las tortugas en Cuatro Ciénegas.

Aunque todos los grupos de vertebrados están bien representados en la entidad, aún existe un amplio grado de desconocimiento, además presentan serias amenazas a causa de las distintas actividades antropogénicas: la degradación y pérdida del hábitat, el sobrepastoreo, el cambio de uso del suelo, así como la cacería furtiva, además del uso exacerbado del agua (en los sitios donde está disponible), lo cual ha generado ya tres extinciones: dos de peces (*Notropis orca* y *Notropis saladonis*) y una de tortuga (*Kinosternon hirtipes megacephalum*); esta última es la primera extinción de tal grupo en el continente americano.

Esta situación desencadena una preocupación sobre los grupos biológicos más vulnerables del Desierto Chihuahuense (peces y reptiles), debido sobre todo a la distribución puntual y restringida de ciertas especies, como las endémicas de Cuatro Ciénegas (mojarra de Cuatro Ciénegas *Cichlasoma minckleyi* y tortuga de bisagra *Terrapene coahuila*), de la Comarca Lagunera (lagartija de arena de Coahuila *Uma exsul,* lagartija cabezona *Crotaphytus antiquus*) o de la sierra de Zapalinamé (sardina de Arteaga o carpa de Saltillo *Gila modesta*), por citar algunas.

En consecuencia, existen zonas más vulnerables a diferentes actividades, por ejemplo, en las zonas boscosas se practica la extracción de madera, mientras que en las zonas áridas se reporta la actividad ganadera y el desmonte. Estas actividades han propiciado cambios que deben ser atendidos y prevenidos. La permanencia de la fauna silvestre es esencial para el desarrollo de las comunidades urbanas, con apego al respeto por su existencia, al reconocimiento de su valor utilitario y al uso racional de los recursos naturales, aún más cuando forman parte de la identidad regional.

Aunque es aparente el buen estado de conservación de algunos ecosistemas de Coahuila, esto responde parcialmente a la concentración de la población en tres zonas urbanas: Monclova, Torreón y Saltillo. Por tal motivo, los sectores gubernamental y privado, así como la sociedad en general, deben coordinar esfuerzos a fin de mantener una cultura de información y prevención sobre cualquier actividad que pueda representar una amenaza a la fauna local.

Con ello se favorecerá a las especies, como ha sucedido en la sierra de Zapalinamé, con la reintroducción del guajolote silvestre, o en la serranía del Carmen, con la protección y conservación del oso negro y el borrego cimarrón.

Es necesario continuar con la investigación y los esfuerzos de conservación que se promueven en las áreas naturales protegidas (anp) del estado: Sierra de Zapalinamé, Sierra del Burro y Maderas del Carmen, Don Martín, Sabinas, Cuatrociénegas, Jimulco y Mapimí, las cuales han mostrado avances alentadores, como la conservación de la cotorra serrana en Arteaga, el oso negro en Maderas del Carmen y la tortuga del Bolsón en la Reserva de Mapimí, además de extender dichos esfuerzos hacia aquellas zonas en donde se reconoce la presencia de especies endémicas que están en alguna categoría de conservación.

Peces

Fernando Alonzo Rojo y Gabriel Fernando Cardoza Martínez

Descripción

Los peces incluyen a un grupo de organismos, tanto actuales como extintos, que surgieron hace aproximadamente 570 millones de años (Kent y Carr 2001). El término "pez" no se encuentra en ninguna clasificación taxonómica; no obstante, agrupa a un conjunto de cordados llamados "de sangre fría", poiquilotermos o ectotermos, es decir, que no pueden regular significativamente su temperatura corporal, por lo que ésta es muy similar al medio en el que viven.

Estos animales poseen un esqueleto óseo. Se desplazan en el agua utilizando su cuerpo y extremidades que están modificadas en forma de aletas (Carter y Williams 2002). Generalmente su cuerpo está cubierto de escamas, aunque existen algunos parcialmente cubiertos, o que carecen de ellas (Lagler 1977, Espinosa-Pérez 2014) y obtienen el oxígeno del agua mediante agallas. Otros tienen estructuras especializadas que les permiten respirar en la atmósfera. Todas sus funciones vitales, como alimentación, digestión, asimilación, crecimiento, respuesta a estímulos y reproducción, dependen del agua.

Los peces constituyen poco más de la mitad de los organismos vertebrados identificados (Nelson 2006). Se han descrito alrededor de 27 977 especies y se estima que el número aumenta en mayor proporción que el resto de los organismos que tienen esqueleto óseo (Eschmeyer 2010).

Diversidad

México posee una gran diversidad de peces, una de las más vastas del planeta. Aunque las cifras varían de acuerdo a las distintas fuentes de consulta, se estima que en el mundo existen aproximadamente 28 mil especies de peces, de las cuales cerca de 8% habita en el país (2 766 especies). De éstas, unas 520 son de agua dulce; al menos 563 se han registrado en los ámbitos estuarinos (lagunas costeras y desembocaduras de los ríos) y el resto son oceánicas (Castro-Aguirre *et al.* 1999, Contreras-Balderas *et al.* 2008, Miller *et al.* 2009).

De acuerdo con la información recabada de la base de datos de CONABIO (2013) y complementada con el listado preliminar de peces de Coahuila (Morán 2002), en el estado se registran 87 especies y dos infraespecies de peces dulceacuícolas (ocho de ellas exóticas/invasoras), distribuidas en 15 familias, 40 géneros y ocho

Alonzo-Rojo, F. y G.F. Cardoza-Martínez. 2018. Peces. En: *La biodiversidad en Coahuila. Estudio de Estado*, vol. II. CONABIO/ Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza, México, pp. 293-300.

órdenes (apéndice 23). Esta cifra representa 16.5% del total de especies de peces dulceacuícolas registrados en México.

Los registros incluyen especies que se encuentran cautivas en los centros acuícolas y que son utilizadas con fines de acuacultura. Destacan, por su número, los peces de la familia Cyprinidae (carpas), con 12 géneros y 31 especies; la familia Poeciliidae (figura 1), con tres géneros y 13 especies y la familia Catostomidae, con siete especies; el resto de las familias no registran más de seis especies (figura 2).

Un aspecto importante en relación a este grupo en Coahuila es que de las especies de peces que se encuentran en la NOM-059-SEMARNAT-2010, 71.42% (30) son endémicas, principalmente de la región de Cuatro Ciénegas (apéndice 23). La familia Cyprinidae sobresale con 15 especies endémicas en el estado (figuras 3 y 4).

En México se reconocen ocho provincias ictiofaunísticas que, en general, corresponden a las principales cuencas de los ríos (Miller 1986, Miller y Smith 1986, Smith y Miller 1986) y se caracterizan por contar con asociaciones de especies con ámbitos ecológicos y geográficos similares (Middlemist *et al.* 1971, Greenwood 1983).



Figura 1. Pez mosquito (*Gambusia affinis*), especie perteneciente a la familia Poecillidae. Foto: Fernando Alonzo-Rojo.

Coahuila pertenece a la provincia de la Mesa del Norte (río Bravo), que geográficamente es la mayor, donde se presentan principalmente seis cuencas, tres de ellas con drenaje interior (endorreico), como laguna Ahorcados, río Aguanaval

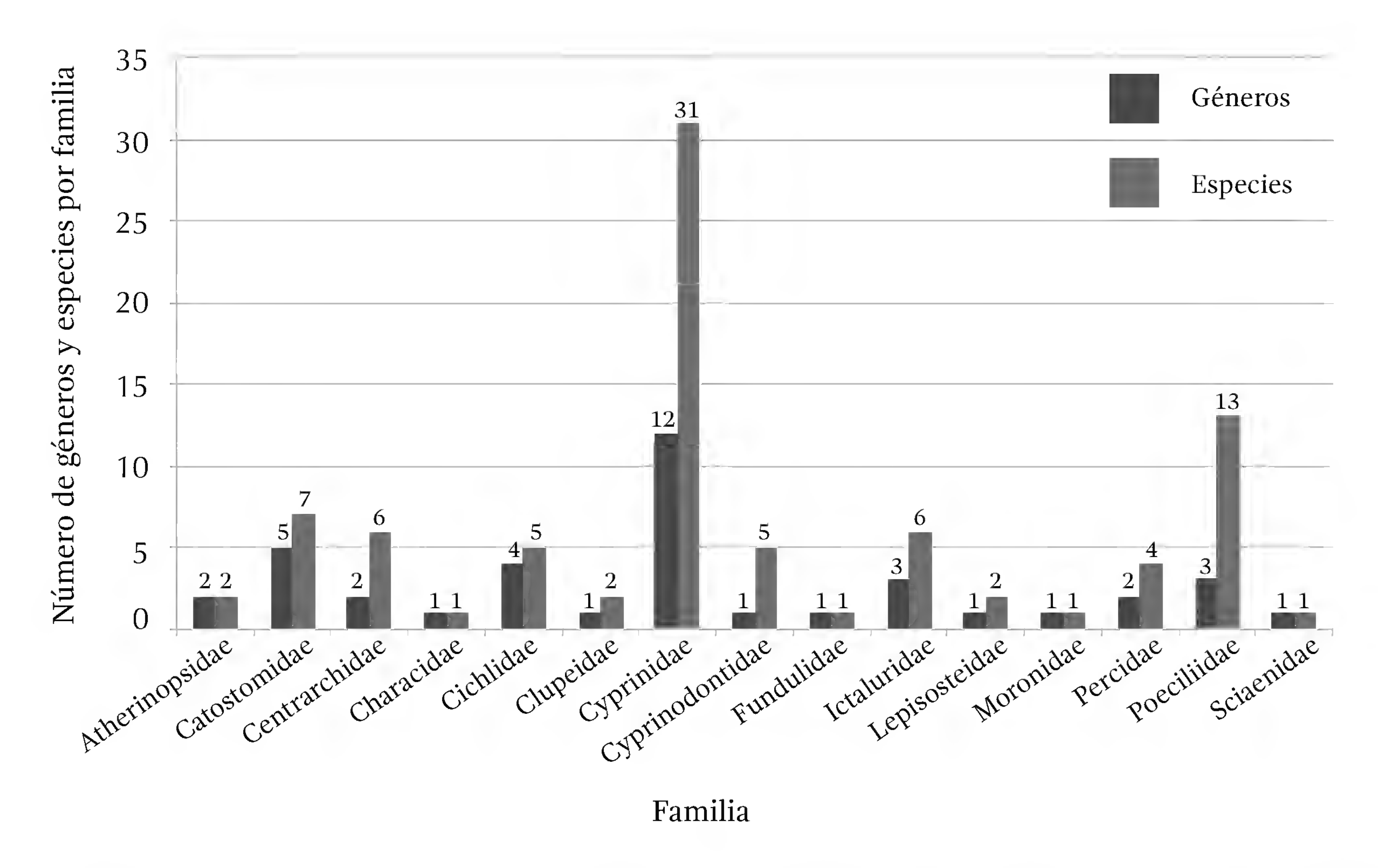


Figura 2. Número de géneros y especies por familia de peces registrados en Coahuila. Fuente: elaboración propia a partir de datos de Morán 2002, CONABIO 2013.

y río Nazas, y las otras tres con desembocadura al golfo de México (río Bravo, Coahuila-golfo de México, río Bravo, Nuevo León-golfo de México y río San Juan-río Bravo, golfo de México).

Las semejanzas generales de sus peces son principalmente con el este, hacia las cuencas costeras del golfo de México y la vasta fauna del río Mississippi. Las superficies actuales de la Mesa del Norte son parte de la cuenca del Bravo, o bien, son endorreicas.

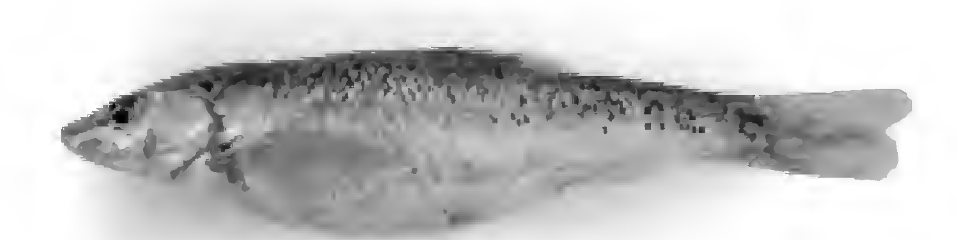


Figura 3. Rodapiedras mexicano (*Campostoma ornatum*), familia Cyprinidae. Es una especie común de ríos y arroyos de baja a media elevación en el noroeste de México. Su abundancia es muy importante para el balance ecológico de los arroyos de zonas desérticas. Foto: Fernando Alonzo-Rojo.

Importancia

Los peces se encuentran en la mayoría de los cuerpos de agua del planeta: ríos, lagos, lagunas y océanos, y forman parte de las redes alimenticias de estos ecosistemas.

A través del establecimiento de pesquerías, la explotación de los peces dulceacuícolas en México ha influido en el desarrollo económico de las regiones establecidas alrededor de ríos, lagos y presas, en donde se captura principalmente carpa, tilapia, besugo, lobina negra y bagre, entre otras variedades (Gaspar-Dillanes y Hernández-Montaño 2013). No obstante, la actividad pesquera en el país ha variado en las últimas décadas.

Esta actividad es importante para Coahuila. Permite el arraigo de los pescadores y sus familias en las comunidades, al registrar un total de 172 pescadores para la entidad, con aproximadamente 140 embarcaciones (Alonzo 2013), con producciones que varían de 842 t en 2011 a 1 418 t en 2014; la carpa (*Cyprinus carpio*) históricamente representa más de 50% de las capturas.

Por otra parte, la degradación ecológica de los sistemas de agua dulce en los últimos 100 años ha sido el resultado de diferentes actividades humanas que, en su mayor parte, han modificado las características físicas, químicas y biológicas (Cardoza-Martínez *et al.* 2011). La estructura, composición y salud de las comunidades biológicas brindan una referencia integral del estado de conservación de un hábitat (Mercado y Lyons 2001) y desde hace tiempo los peces han sido utilizados como indicadores de la calidad del agua en México y en otros países.



Figura 4. Carpita del Nazas (*Notropis nazas*) de la familia Cyprinidae. Especie endémica de la cuenca Nazas-Aguanaval, de talla pequeña, no mayor a 64 milímetros. Foto: Fernando Alonzo-Rojo.

Las comunidades de peces se han considerado como un vector de comunicación útil para sensibilizar al público y a las autoridades sobre la necesidad de preservar la calidad de ríos y lagos (Cowx y Collares-Pereira 2002). Por ello, su caracterización resulta muy importante, debido a que ésta se reconoce como una herramienta de ayuda para la toma de decisiones en materia ambiental (Angermeier y Schlosser 1995, Boulton 1999) y como índice de la calidad del medio acuático en el mundo (Karr *et al.* 1986, Soto-Galera *et al.* 1998, Kestermont *et al.* 2000, McDowall y Taylor 2000, Oberdorff *et al.* 2002), capaz de indicar diversos niveles de degradación (Fausch *et al.* 1990, Scott y Hall 1997,

Wichert y Rapport 1998) y de definir el éxito de restauración de los ecosistemas acuáticos (Paller *et al.* 2000).

Situación y estado de conservación

Del total de especies reportadas de la ictiofauna de Coahuila, 48.2% (42 especies) se encuentran en alguna categoría de riesgo de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010. En la categoría de amenazadas se reportan 23 especies, 15 en peligro de extinción, dos en protección especial y dos probablemente extintas (figura 5, apéndice 23). En esta última categoría se encuentra la carpita de El Paso (*Notropis orca*), perteneciente a la familia Cyprinidae, que fue registrada por última vez en 1966 en la región de Cuatro Ciénegas (Contreras 1998).

Miller y colaboradores (2009), dentro de su lista de peces dulceacuícolas considerados extintos o extirpados de México en el siglo XX, incluyen también a la carpita del Salado (*N. saladonis*) como extinta en la naturaleza. No obstante, en la NOM-059-SEMARNAT-2010 se encuentra catalogada como en peligro de extinción. La última colecta de esta especie se realizó en 1974 y hasta ahora no ha sido observada en las áreas donde antes existía.

Por otro lado, en 2015 la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) contempló para Coahuila 59 especies consideradas en alguna categoría de riesgo, las cuales representan 7.8% del total de especies en el estado (figura 6). De éstas, seis se consideran vulnerables, ocho en peligro, tres en peligro crítico, tres en riesgo bajo/preocupación menor, 35 en preocupación menor y cuatro como extintas: *Notropis saladonis*, *N. orca*,

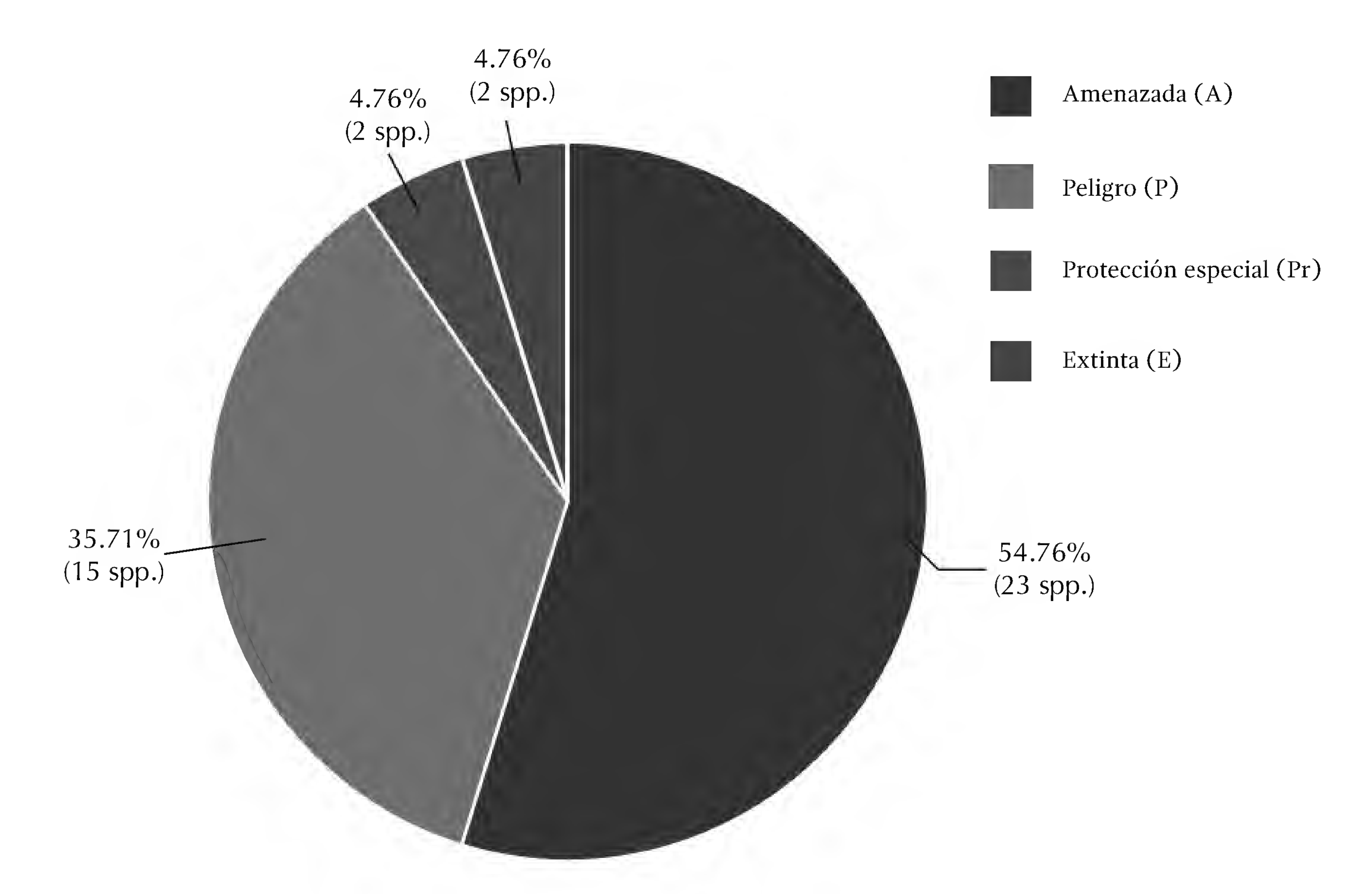


Figura 5. Especies de peces de Coahuila incluidas en alguna categoría de riesgo en la NOM-059.
Fuente: elaboración propia a partir de datos de Morán 2002, SEMARNAT 2010, CONABIO 2013.

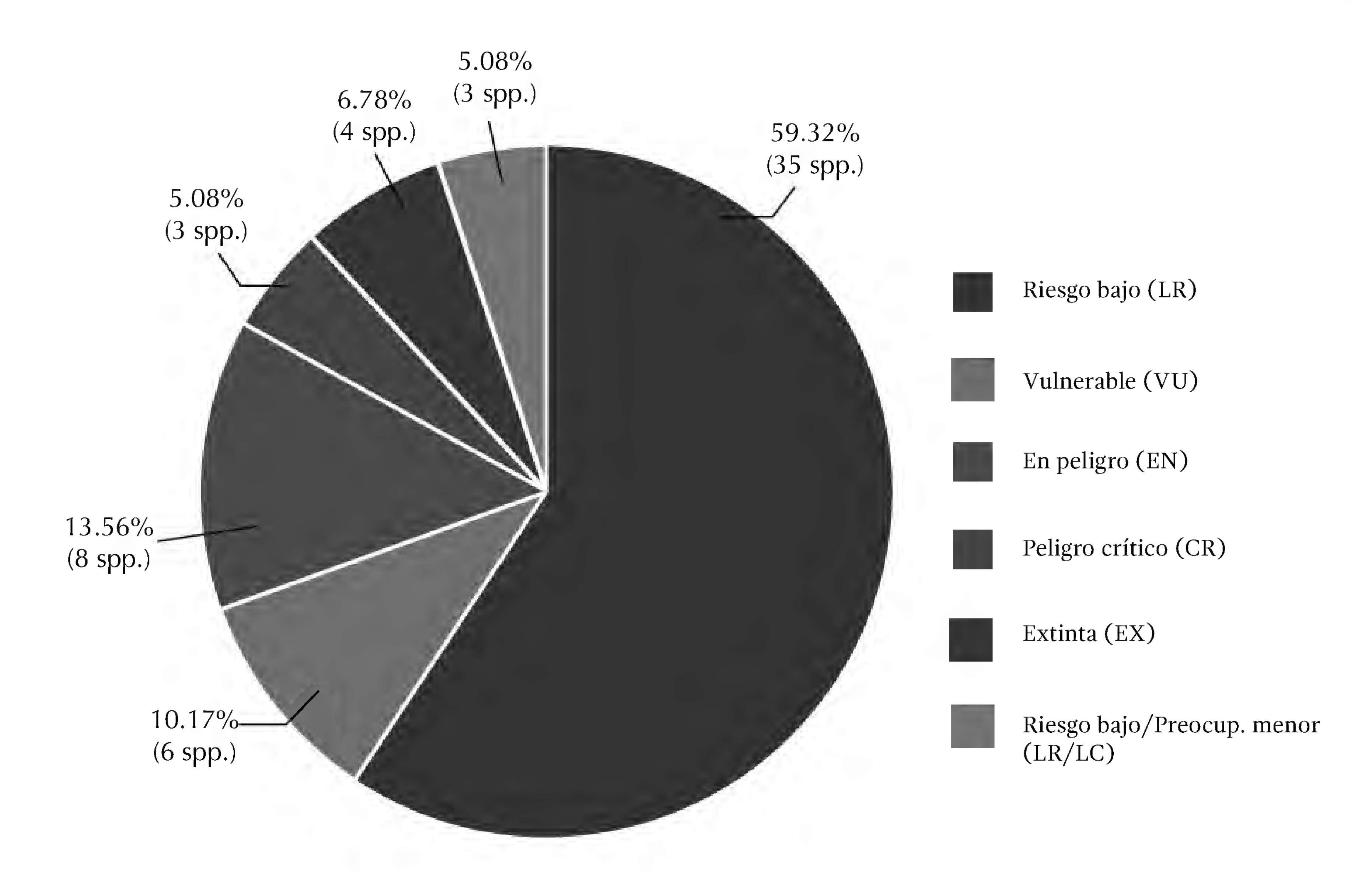


Figura 6. Especies de peces incluidas en la Lista Roja de la uicn. Fuente: elaboración propia a partir de datos de Morán 2002, conabio 2011, FishBase 2014.

Stypodon signifer, de la familia Cyprinidae, y *Cyprinodon latifasciatus,* de la familia Cyprinodontidae.

Es de resaltar lo reportado para la familia Cyprinidae, ya que es la que presenta más especies bajo alguna categoría de riesgo, tanto en la nom-059-semarnat-2010 como en la uicn, con 18 y 20 especies, respectivamente, además que tres de las cuatro especies extintas se registran en esta familia (apéndice 23).

Amenazas para su conservación

Si bien los procesos de extinción han ocurrido de manera natural desde que apareció la vida, la reducción de la biodiversidad que se observa en la actualidad es en su mayoría resultado, directo o indirecto, de los factores asociados al crecimiento y expansión de la población humana. Estos factores provocan que las especies silvestres pasen de una condición de viabilidad a una de vulnerabilidad, y de no disminuir las presiones que afectan su sobrevivencia, su extirpación o extinción es relativamente predecible (Ceballos *et al.* 2009).

Las causas antropogénicas pueden ser directas o indirectas, e incluyen la sobreexplotación, la destrucción del hábitat, la introducción de especies exóticas, la contaminación y el abatimiento de los niveles de los cuerpos de agua (Torres-Orozco y Pérez-Hernández 2011). Con excepción de la pesca, la mayoría de los factores de riesgo antropogénicos se relaciona con el uso del agua.

Al ser este líquido un recurso imprescindible para la satisfacción de muchas de las necesidades humanas (riego, generación de electricidad, agua potable, uso industrial, disposición de desechos, acuicultura, etcétera), se establece una

competencia desigual entre las personas y los peces, lo que se traduce en la pérdida del hábitat de los segundos.

El uso irracional del agua genera: contaminación; enriquecimiento de nutrientes de un ecosistema (natural o antropogénico) a un ritmo tal, que no puede ser eliminado naturalmente (eutrofización); aumento del depósito de tierra, limo o arena en el fondo de los cuerpos de agua (azolvamiento); desecación de pantanos; y explotación extrema de manantiales y mantos acuíferos.

La alteración de los ecosistemas acuáticos por efectos de la contaminación (hidrocarburos, plaguicidas, detergentes, metales pesados) ocurre tanto en el mar como en los cuerpos de agua epicontinentales (Lara *et al.* 2008). Estos problemas son comunes en México y, aunque son especialmente graves en zonas áridas, como es el caso de Coahuila (Contreras-Balderas *et al.* 2003), también se presentan en zonas de humedales.

La introducción de especies exóticas en ambientes dulceacuícolas es una de las mayores amenazas para los peces, ya que desplazan a las especies nativas por competencia directa, depredación, transmisión de enfermedades, modificación de hábitat y alteración de la estructura de los niveles tróficos y sus condiciones biofísicas. En ocasiones, las especies invasoras tienen la capacidad de hibridar con las nativas, por lo que su acervo genético original se modifica (IMTA *et al.* 2007).

Áreas críticas

En Coahuila existen áreas críticas que han sufrido impactos dramáticos por el efecto de las actividades humanas (Torres-Orozco y Pérez-Hernández 2011). El caudal del río Bravo se ha reducido significativamente y ha aumentado su salinidad (Minkley y Miller 2009). Además, entre 2002 y 2005 no descargó agua al golfo de México, lo que ocasionó que numerosas especies propias de la parte baja se desplazaran río arriba hasta alcanzar Chihuahua y unas 100 especies marinas eurihalinas (que soportan agua dulce hasta rangos amplios de concentración de sales) se remontaran más de 100 km por arriba de la influencia mareal, por lo que sustituyeron a más de 40 especies nativas (Contreras-Balderas *et al.* 2008, Lara *et al.* 2008).

Las pozas de Cuatro Ciénegas, un hábitat único en el mundo por sus características biológicas y fisiográficas, representan un caso emblemático en Coahuila, y la biodiversidad que en ellas se encuentra está amenazada debido a la extracción de agua de los acuíferos, el uso de los manantiales como abrevaderos para ganado y la introducción de especies invasoras (IMTA *et al.* 2007, Challenger y Dirzo 2009).

Acciones de conservación

Los peces son un grupo de vertebrados abundante que se considera el más amenazado. Las especies de agua dulce, junto con su medio ambiente, son las que han sufrido las mayores amenazas, por lo que proteger y conservar la biodiversidad es vital, ya que la salud y los medios de vida de las personas dependen de estos ecosistemas para cubrir las necesidades básicas, como son el alimento y el suministro de agua (Miller *et al.* 2009).

Evitar la introducción de especies exóticas a los ambientes naturales y hacer uso racional del agua, así como impedir contaminarla con desechos producto de actividades humanas como la ganadería, agricultura, industria y minería, entre otras, ayudará a preservar los procesos ecológicos que de forma natural se dan en este tipo de ecosistemas y, por ende, a preservar a los peces que en ellos viven.

Por otra parte, en el estado se llevan a cabo acciones tendientes a la conservación de peces nativos y endémicos, con esfuerzos que se enfatizan en las áreas protegidas de la entidad,

como en el Área de Protección de Flora y Fauna (APFF) Cuatrociénegas, donde se instrumentan programas de erradicación y control a través de la captura con trampas del pez joya, perteneciente a la familia Cichlidae.

Conclusión

De acuerdo a la NOM-059, un alto porcentaje de peces en Coahuila se encuentra en alguna categoría de riesgo (SEMARNAT 2010), y los problemas que presenta la ictiofauna, como distribución restringida, sobreexplotación, destrucción del hábitat, introducción de especies exóticas, contaminación y abatimiento de los cuerpos de agua, no son ajenos a los que enfrentan muchas de las especies dulceacuícolas de México.

Como lo mencionan Torres-Orozco y Pérez-Hernández (2011), el mayor número de extinciones y especies amenazadas se encuentra en las zonas áridas del país e involucra principalmente carpitas (Cyprinidae) y cachorritos (Cyprinodontidae), por lo que la conservación de los cuerpos de agua del estado y la protección y rehabilitación de su biodiversidad deben considerarse prioridades en la toma de decisiones para el cuidado y aprovechamiento de los recursos naturales de la entidad.

Referencias

Alonzo, R.F. 2013. Ordenamiento pesquero en el estado de Coahuila. Informe final. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA)/Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca (CONAPESCA), Coahuila.

Angermeier, P.L. y I.J. Schlosser. 1995. Conserving aquatic biodiversity: beyond species and populations. *American Fisheries Society Simposium* 17:402-414.

Boulton, A.J. 1999. An overview of river health assessment: philosophies, practice, problems and prognosis. *Freswater Biology* 41:469-479.

Cardoza-Martínez, G.F., J.L. Estrada-Rodríguez, F. Alonzo-Rojo *et al.* 2011. Espectro trófico del bagre *Ictalurus punctatus* (Siluriformes: Ictaluridae) en la presa Lázaro Cárdenas, Indé, Durango, México. *Hidrobiológica* 21:210-216.

Carter, R.G. y J.D. Williams. 2002. *Field guide to fishes*. 2ª edición. National Audubon Society, EUA.

Castro-Aguirre, J.L., H.S. Espinoza-Pérez y J.J. Shmitter-Soto. 1999. *Ictiofauna estuarino lagunar y vicaria de México*. Limusa-Noriega/Instituto Politécnico Nacional (IPN), México.

Ceballos, G., E.D. Pardo, H. Espinosa *et al.* 2009. Zonas críticas y de alto riesgo para la conservación de la biodiversidad de México. En: *Capital natural de México, Vol. II. Estado de conservación y tendencias de cambio*. R. Dirzo, R. González e I. March (comps.). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), México, pp. 575-600.

Challenger A. y R. Dirzo. 2009. Factores de cambio y estado de la biodiversidad. En: *Capital natural de México, Vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio*. R. Dirzo, R. González e I. March (comps.). CONABIO, México, pp. 37-73.

CONABIO. 2013. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Bases de datos de 2013. Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB). En: <*http:www.conabio.gob.mx/institucion/snib/doctos/acerca.html*>, última consulta: 22 de febrero de 2013.

Contreras-Balderas, S. 1998. Banco de datos de la ictiofauna del río Bravo, desde 1902 a 1992 en la colección ictiológica de la UANL. Facultad de Ciencias Biológicas-Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL). Informe final. SNIB/CONABIO. Proyecto, No. P128, México.

Contreras-Balderas, S., R. Mendoza-Alfaro y C. Ramírez-Martínez. 2008. Distribución espacial de las especies de peces (Recuadro 12.1). En: *Capital natural de México, Vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad*. J. Soberón, G. Halffter y J. Llorente-Bousquets (comps.). CONABIO, México, pp. 327-330.

Contreras-Balderas, S., P. Almada-Villela, M.L. Lozano-Vilano y M.E. García-Ramírez. 2003. Freshwater fish at risk or extinct in Mexico. A Checklist and Review. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 12:241-251.

Cowx, I.G. y M.J. Collares-Pereira. 2002. Freswater fish conservation: option for the futures. En: *Conservation of freshwater fishes: options for the future*. M.J. Collares-Pereira, I.G. Cowx y M.M. Cohelo (eds.). Fishing News Books, Blackwell Science, Oxford, pp. 443-452.

Espinosa-Pérez, H. 2014. Biodiversidad de peces en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85:S450-S459.

Eschmeyer, W.N., R. Fricke, J.D. Fong y D.A. Polack. 2010. Marine fish diversity: history of knowledge and discovery (Pisces). *Zootaxa* 2525:19-50.

Fausch, K.D., J. Lyons, J.R. Karr y P.L. Angermeier. 1990. Fish communities as indicators of environmental degradation. *American Fisheries Society Symposium* 8:123-144.

FishBase. World Wide Web electronic publication. 2014. Búsqueda de especies. En: <*http://www.fishbase.org/search.php?lang=Spanish*>, última consulta: marzo de 2014.

Gaspar-Dillanes, M.T. y D. Hernández-Montaño (comps.). 2013. *Pesquerías continentales de México*. Instituto Nacional de Pesca (INAPESCA), México.

Greenwood, P.H. 1983. The zoogeography of african freshwater fishes: biaccountancy or biogeography? En: *Evolution, time and space. The emergence of the biosphere*. R.W. Sims, J.H. Price y P.E.S. Whalley (eds.). Academic Press, Nueva York-Londres, pp. 179-199.

IMTA, CONABIO, GECI, Arid America y TNC. 2007. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Grupo de Ecología y Conservación de Islas, Arid America y The Nature Conservancy. 2007. *Especies invasoras de alto impacto a la biodiversidad. Prioridades en México*. IMTA/CONABIO/GECI/Arid America/TNC, Morelos.

Karr, J.R., K.D. Fausch, P.L. Angermeier *et al.* 1986. Assessing biological integrity in running waters: a method its rationale. *Illinois Natural History Survey Special Publication* 5:1-28.

Kent, G.C. y R.K. Carr. 2001. *Comparative anatomy of the vertebrates*. 9ª edición. McGraw-Hill, Boston.

Kestermont, P., J. Didier, E. Depireux y J.C. Micha. 2000. Selecting ichtyological metrics to assess rider basin ecological quality. *Archiv für Hydrobiologie Supplement (Monographic studies)* 121:321-348.

Lagler, K.F., J.E. Bardach, R.R. Miller y D.R.M. Passino. 1977. *Ichthyology*. 2ª edición. John Wiley & Sons, Nueva York.

Lara, L.J.R, J.A.L. Arreola, L.E.A. Calderón *et al.* 2008. Los ecosistemas costeros, insulares y epicontinentales. En: *Capital natural de México, Vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad*. J. Soberón, G. Halffter y J. Llorente-Bousquets (comps.). CONABIO, México, pp.109-13.

McDowall, R.M. y M.J. Taylor. 2000. Enviromental indicators of habitat quality in a migratory freshwater fish fauna. *Enviromental Management* 25(4):357-374.

Mercado S., N. y J. Lyons. 2001. Índices de integridad biótica en los ríos Lerma y Pánuco: una aproximación a su desarrollo. En: *Diversidad biológica de los ríos y arroyos del centro de México. Bases para su conocimiento y conservación*. R. Pineda-López y P.E. Díaz (comps.). Facultad de Ciencias Naturales-Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ), Querétaro.

Middlemist, F.A., P.F. Rawson y G. Newall. 1971. *Faunal provinces in space and time*. Seel House Press, Liverpool.

Minkley, W.L. y R.R Miller. 2009. Extirpación, extinción y conservación. En: *Peces dulceacuícolas de México*. R.R. Miller, W.L. Minckley y S.M. Norris (coords.). CONABIO/Sociedad Ictiológica Mexicana (SIMAC)/El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR)/Consejo de Peces del Desierto (CPD), México, pp. 69-71.

Miller, R.R. 1986. Composition and derivation of the freshwater fish fauna of México. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas* 30:121-153.

Miller, R.R. y M.I. Smith. 1986. Origin and geography of the fishes of central Mexico. En: *The zoogeography of north american freshwater fishes*. C.H. Hocutt y E.O. Wiley (eds.). John Wiley & Sons, Nueva York, pp. 487-517.

Miller, R.R., W.L. Minckley y S.M. Norris. 2009. *Peces dulceacuícolas de México*. CONABIO/SIMAC/ECOSUR/CPD, México.

Morán, I. 2002. Anexo E. Listado preliminar de peces de Coahuila. En: Ordenamiento territorial del estado de Coahuila. Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza. México (inédito).

Nelson, J.S. 2006. *Fishes of the world*. 4ª edición. John Wiley & Sons, Nueva York.

Oberdorff, T., D. Pont, B. Huguney y J.P. Porcher. 2002. Development and validation of a fish-based index for the assessment of "river health" in France. *Freshwater Biology* 47(9):1720-1734.

Paller, M.H., M.J.M. Reichert, J.M. Dean y J.C. Seigle. 2000. Use of the fish community data to evaluate restoration success of riparian stream. *Ecological Engineering* 15:171-187.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación (DOF). Texto vigente.

Scott, M.C. y L.W. Hall. 1997. Fish assamblages as indicators of environmental degradation in Maryland coastal plains streams. *Transactions of the American Fisheries Society* 126(3):349-360.

Smith, M.L. y R.R. Miller. 1986. The evolution of the rio Grande basin as inferred from its fish fauna. En: *The zoogeography of north american freshwater fishes*. C. Hocutt y E. O. Wiley (eds.). John Wiley & Sons, Nueva York, pp. 457-485.

Soto-Galera, E., E. Díaz-Pardo, E. López-López y J. Lyons. 1998. Fish as indicators of enviromental quiality in the rio Lerma basin, Mexico. *Aquatic Ecosystem Health and Management* 1(3-4):267-276.

Torres-Orozco, R.E y M.A. Pérez-Hernández. 2011. Los peces de México: una riqueza amenazada. *Revista Digital Universitaria* 12(1).

UICN. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. 2013. En: <*http://www.iucnredlist.org/*>, última consulta: 20 de mayo de 2014.

Wichert, G.A. y D.J. Rapport. 1998. Fish community structure as a measure of degradation and rehabilitation of riparian systems in an agricultural drainage basin. *Environmental Management* 22(3):425-443.

La mojarra de Cuatro Ciénegas (*Herichthys minckleyi*)

Claudia Patricia Ornelas García, Isabel Santos Magalhaes, Mauricio De la Maza Benignos y Marta Barluenga Badiola

Descripción

La mojarra de Cuatro Ciénegas o mojarra caracolera de Cuatro Ciénegas (*Herichthys minckleyi*, figura 1) es una especie endémica del valle del mismo nombre. Pertenece al orden Perciformes y a la familia Cichlidae y se caracteriza por presentar dos formas corporales, una de cuerpo alargado (limnético), posiblemente asociada al nado libre dentro del agua, y otra más alta (bentónico), quizá vinculada a la región litoral (figuras 2a, b).

Asimismo, como parte de la diversidad presente en este sistema, se encuentra una variación en las estructuras faríngeas; dentro de una misma laguna se pueden registrar organismos cuyas placas faríngeas presentan dientes papiliformes o molariformes (figuras 2c, d).

Dichas formas han sido relacionadas con diferentes hábitos tróficos en poblaciones naturales (Kornfield y Taylor 1983, Hulsey *et al.* 2005, Hulsey 2006, Hulsey *et al.* 2006, Hulsey *et al.* 2008), donde los dientes faríngeos papiliformes estarían asociados con organismos filtradores, como el *Amphylophus zaliosus* (Barluenga *et al.* 2006),



Figura 1. La mojarra de Cuatro Ciénegas (*Herichthys minckleyi*). Foto: Isabel Santos Magalhaes, Marta Barluenga-Badiola y Claudia Patricia Ornelas-García.

mientras que las formas molariformes estarían asociadas a una alimentación basada en moluscos (Magalhaes *et al.* 2015), como *Amphylophus citrinellus* (Barluenga *et al.* 2006).

El color basal en los individuos no reproductivos varía desde gris claro hasta amarillo verdoso o verde obscuro, con marcas negras en los flancos (figura 3); no obstante, existe una fuerte variación de dicha coloración entre individuos. Como parte de los patrones de coloración que se

Ornelas-García, C.P., I.S. Magalhaes, M. De la Maza-Benignos y M. Barluenga. 2018. La mojarra de Cuatro Ciénegas (*Herichthys minckleyi*). En: *La biodiversidad en Coahuila. Estudio de Estado*, vol. II. CONABIO/Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza, México, pp. 301-313.

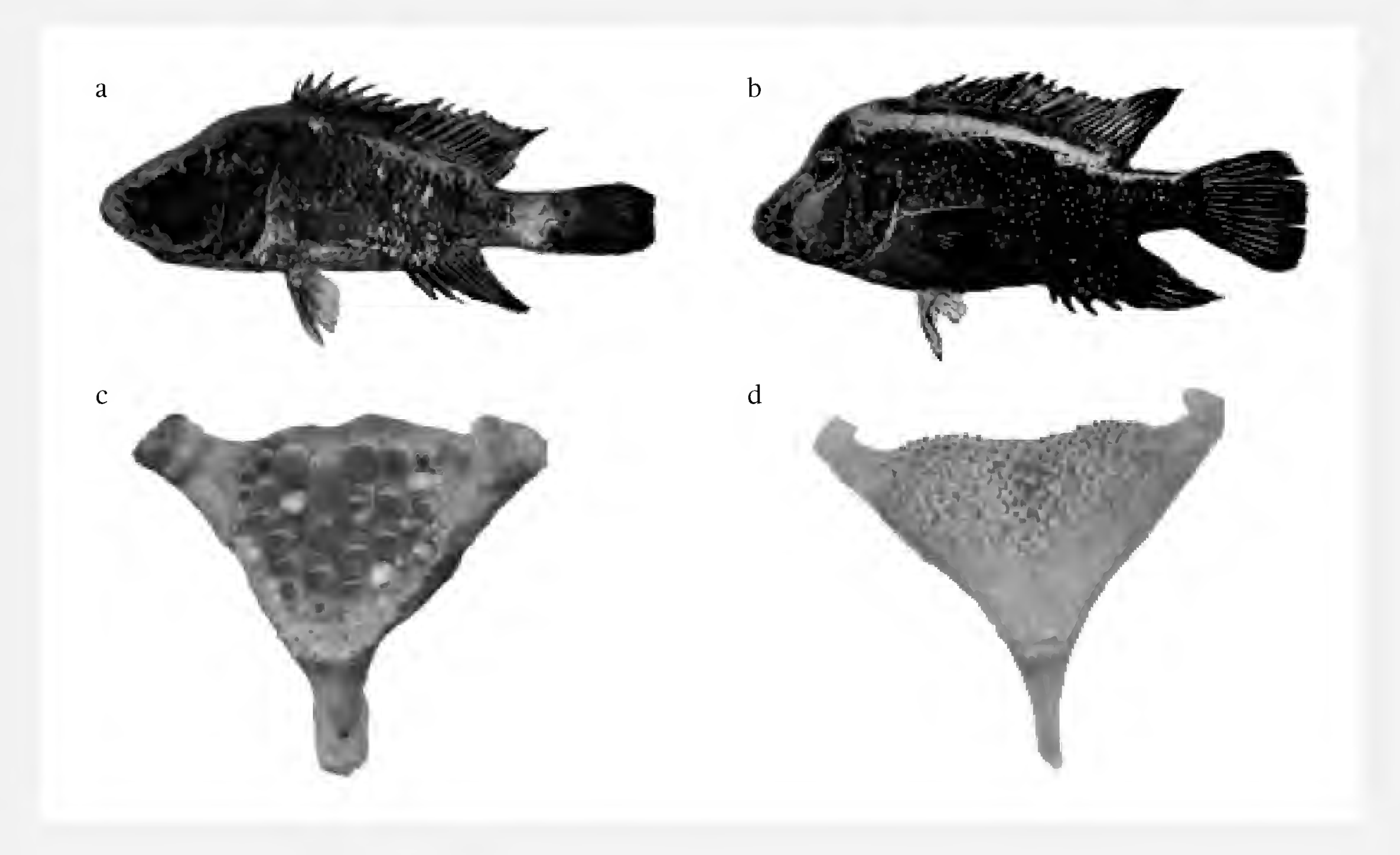


Figura 2. Ecotipos de la especie *Herichthys minckleyi:* a) cuerpo alargado, b) cuerpo alto, c) placa faringea molariforme, d) placa faríngea papiliforme. Fotos: Isabel Santos Magalhaes, Marta Barluenga y Claudia Patricia Ornelas-García.

han observado en la naturaleza y en condiciones de laboratorio, se han obtenido organismos albinos y oligo melánicos, estos últimos corresponden a un patrón en mosaico de melanóforos (Oldfield *et al.* 2015).

En ejemplares reproductivos se observa un dicromatismo sexual muy acentuado. Los machos son de color negro-verdoso a negro; presentan algunos puntos de azul intenso distribuidos en la cabeza, flancos y aletas. En contraste, el color base de las hembras en reproducción es blanco intenso, con marcas negras conspicuas en flancos, y los puntos azules están ausentes (figuras 2a, b).

Esta especie es una de las más emblemáticas del género. Entre otros aspectos presenta cuidado parental y dimorfismo sexual, lo cual ha despertado el gusto y la afición de la comunidad científica y el público. El fuerte dicromatismo presente en estos peces (figura 3) es una característica que se ha sugerido como un aspecto único del género, y que derivó después de la separación del ancestro del resto de las especies en el referido género (Oldfield *et al.* 2015).

Aún no se tiene clara la temporada de reproducción en campo, pero ésta se ha observado en los meses de junio a septiembre. Los machos presentan menor cuidado parental que las hembras (Oldfield *et al.* 2015).

Distribución

La distribución de *H. minckleyi* se restringe a la cuenca de Cuatro Ciénegas. Es una especie endémica no sólo de Coahuila, sino de esta cuenca interior. Ha sido reportada en Churince, La Becerra, Juan Santos, Anteojo, a lo largo del curso

a



b



Figura 3. Dicromatismo sexual observado en campo para *Herichthys minckleyi*: a) macho y b) hembra. Fotos: Isabel Santos Magalhaes, Marta Barluenga y Claudia Patricia Ornelas-García.

del río Mezquites: Tierra Blanca, Mojarral Oeste, Mojarral Este, río Mezquites, Escobedo, Tío Cándido y Pozas Azules (Chaves-Campos *et al.* 2011a, Magalhaes *et al.* 2015; figura 4).

Esta especie habita lagunas y manantiales con condiciones variables de temperatura y cursos de agua de alta transparencia. En ocasiones se ha reportado en pozas con niveles bajos de salinidad y en una variedad de sustratos, que van desde rocas hasta arcillas, con profundidades hasta de 7 m (Miller *et al.* 2005). La vegetación acuática presente en los sitios donde se ha reportado incluye a plantas de los géneros *Nymphaea*, *Utricularia*, *Eleocharis* y *Typha* (Miller *et al.* 2005).

De acuerdo a Říčan y colaboradores (2013), la mojarra de Cuatro Ciénegas se separó del resto de las especies del género *Herichthys* hace aproximadamente 5.6 millones de años. Este evento de especiación pudo ser consecuencia de un episodio de aislamiento de la cuenca de Cuatro Ciénegas del resto de la cuenca del río Salado, en Coahuila.

Hoy en día estas cuencas se encuentran unidas debido a la construcción de una serie de canales artificiales que, desde mediados del siglo xx, llevan agua por distintas partes de la cuenca al exterior de la misma. De acuerdo a los análisis filogenéticos, *H. minckleyi* colonizó esta cuenca antes que su especie hermana *H. cyanoguttatus* (mojarra del norte; Říčan *et al.* 2013), lo que sugiere que la expansión de esta última podría ser mucho más reciente en Cuatro Ciénegas (De la Maza-Benignos *et al.* 2014).

En cuanto a la estructura genética de la especie, los estudios llevados a cabo han permitido identificar distintos grupos genéticos, si bien los resultados son contrastantes según el tipo de información genética utilizada (Chaves-Campos *et al.* 2011a, Magalhaes *et al.* 2015). Con base en los marcadores mitocondriales se han identificado al menos dos grupos de haplotipos distintos. No obstante, éstos no presentan una correspondencia geográfica, ya que se encuentran distribuidos en toda la cuenca (Magalhaes *et al.* 2015).

Por otra parte, la información nuclear (microsatélites) ha recuperado una mayor congruencia entre las distintas regiones en la cuenca de Cuatro Ciénegas (Magalhaes *et al.* 2015). En general, los análisis basados en los microsatélites apoyan dos esquemas de agrupamiento genético diferentes para la mojarra de Cuatro Ciénegas *H. minckleyi*.

El primero sugiere la presencia de tres grandes grupos, uno que incluye las poblaciones de la región oeste de la cuenca (Churince, La Becerra, Juan Santos y parte de Anteojo), el segundo que

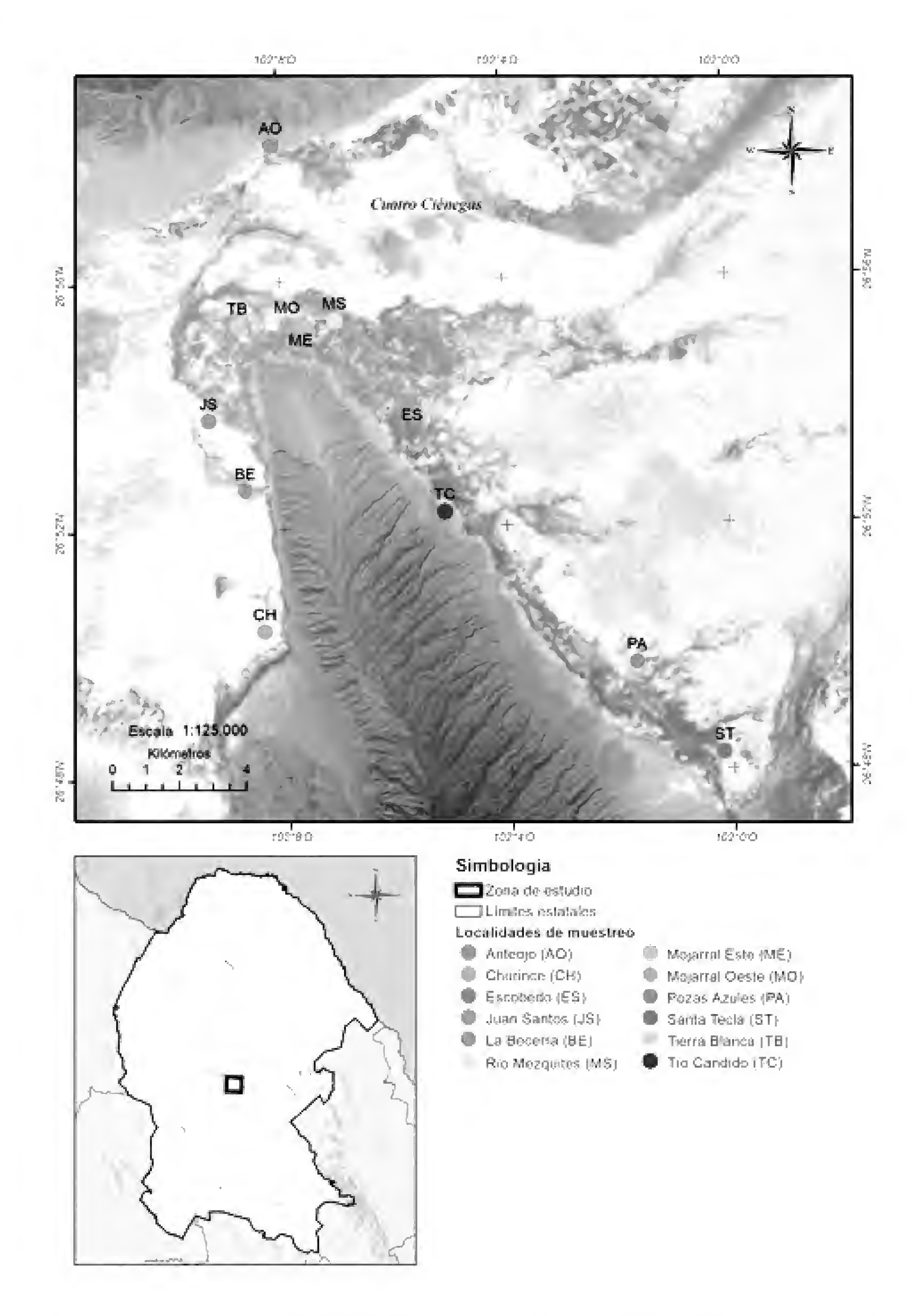


Figura 4. Distribución de *Herichthys minckleyi,* especie endémica del valle de Cuatro Ciénegas, Coahuila. Fuente: elaboración propia.

contiene poblaciones asociadas a la parte central del valle (Tierra Blanca, río Mezquites, así como las pozas de Mezquital Este y Mezquital Este y Escobedo) y finalmente otro grupo que incluye el este y sur del valle (Tío Cándido y Pozas Azules; Magalhaes *et al.* 2015).

Este patrón de separación genética ha sido encontrado en la mayoría de los estudios llevados a cabo con otras especies acuáticas de Cuatro Ciénegas, entre las que se incluyen: tortugas (McGaugh *et al.* 2012), caracoles (Johnson 2005; Chaves-Campos *et al.* 2011a), crustáceos (Chaves-Campos *et al.* 2011b; Álvarez *et al.* 2014) y otros géneros de peces, como el cachorrito del Bolsón (*Cyprinodon atrorus*) y el cachorrito de Cuatro Ciénegas (*C. bifasciatus*; Carson y Dowling 2006). El segundo esquema sugiere que, salvo en el sistema del río Mezquites, prácticamente cada poza corresponde a un grupo genético distinto (Magalhaes *et al.* 2015).

A partir de observaciones en nueve poblaciones silvestres de la región de Cuatro Ciénegas (Magalhaes *et al.* 2015), se encontró una mayor abundancia de ejemplares asociada a las formaciones de estromatolitos; estos últimos corresponden a estructuras microbianas en las que las cianobacterias son las más abundantes (Souza *et al.* 2004).

Este fenómeno de asociación de la mojarra y los estromatolitos fue más notorio en la poza de La Becerra, en donde también se encontró mayor diversidad morfológica en comparación con otras localidades del valle de Cuatro Ciénegas. La vegetación acuática, como el lirio, las oquedades rocosas y las raíces de árboles también proporcionan refugio, y en algunos casos los machos y hembras reproductores protegen su territorio en este tipo de ambientes (figura 5).

En cuanto a la distribución de los ejemplares en las pozas estudiadas por los autores, se observó que aunque las características físicas de cada laguna fueron distintas (cuadro 1), de forma general los ejemplares adultos se encontraron en la zona pelágica de las pozas, mientras que las zonas de reclutamiento, en su mayoría, correspondieron a la periferia de las mismas o, en su caso, estaban asociadas a zonas de vegetación o de refugios estructurales (rocas y estromatolitos).

Se observaron ejemplares alimentándose en las zonas arenosas, así como en las zonas de estromatolitos (figuras 5e, d). A pesar de que para la mayoría de las pozas (excepto Mojarral Oeste) se encontraron ejemplares adultos, con base en los análisis moleculares se obtuvieron tamaños efectivos (Ne= ejemplares reproductores en la población) relativamente bajos. En algunos casos es notoria la ausencia de reclutamiento (Magalhaes *et al.* 2015; cuadro 1)

A raíz de la construcción de canales artificiales en la zona, como los de Santa Tecla y Saca Salada, la región de Cuatro Ciénegas ha tenido contacto reciente con cuencas aledañas, lo que ha dejado una huella genética en las poblaciones de la mojarra de Cuatro Ciénegas (Magalhaes *et al.* 2015), así como en otros grupos (Kornfield y Taylor 1983, Chaves-Campos *et al.* 2011a, Chaves-Campos *et al.* 2011b).

Con la construcción de estos canales de riego se ha promovido el contacto y reproducción entre las especies *H. minckleyi* y *H. cyanoguttatus* (Magalhaes *et al.* 2015). Estos datos sin duda son de gran relevancia para el establecimiento de un programa de manejo y conservación para la especie.

Las especies que coexisten con *H. minckleyi* son: cachorrito del Bolsón (*Cyprinodon atrorus*), cachorrito de Cuatro Ciénegas (*Cyprinodon bifasciatus*), guayacón (*Gambusia marshi*), sardina de Cuatro Ciénegas (*Cyprinella xanthicara*), bagre lobo (*Ictalurus lupus*, figura 6a), róbalo de Cuatro Ciénegas o lobina negra (*Micropterus salmoides*, figura 6b), pez joya africano (*Hemichromis bimaculatus*,[1] figura 6c) y sardina de México (*Astyanax mexicanus*, figura 6d).

[1] Esta especie no se presenta en los apéndices de la obra.

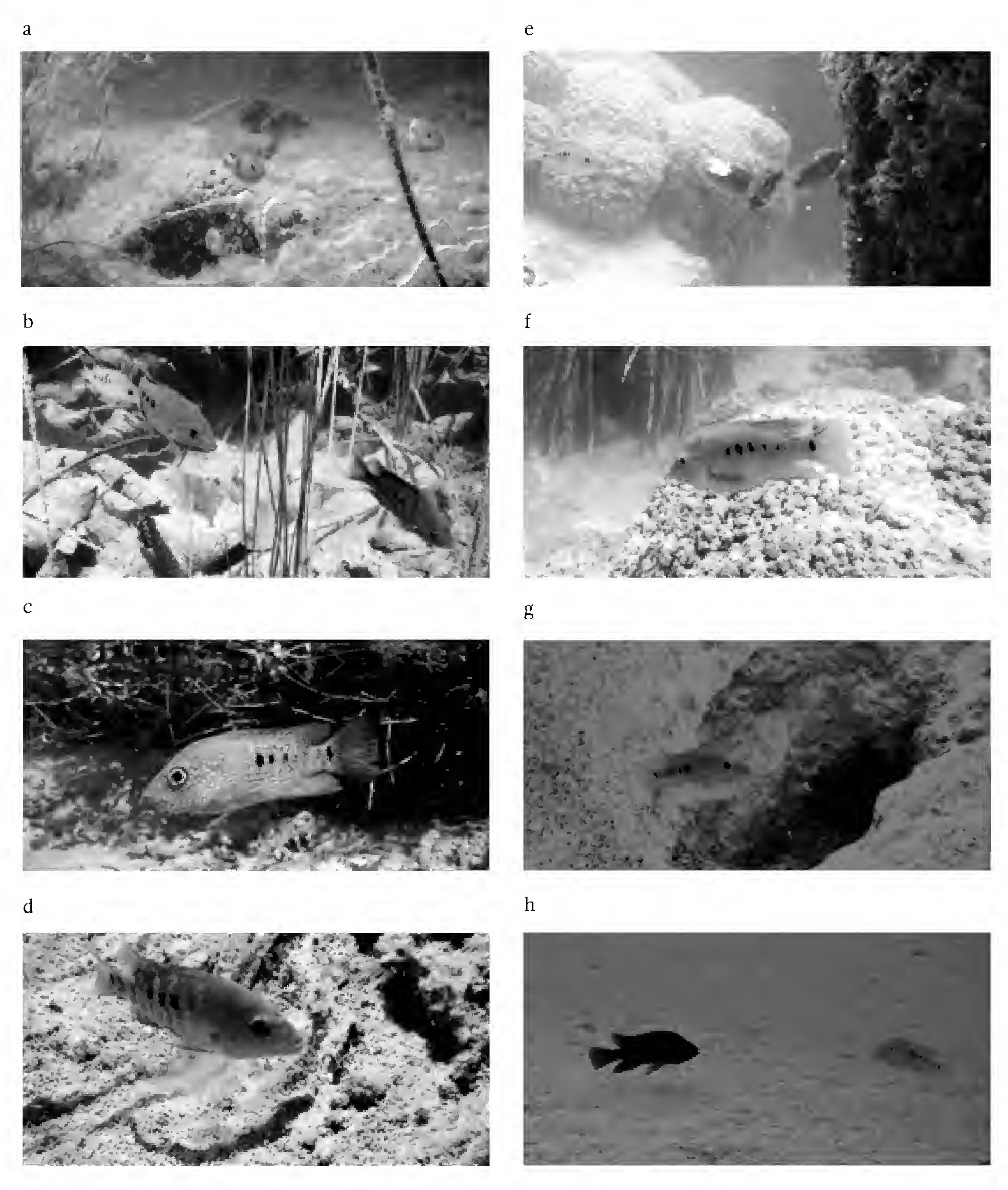


Figura 5. Diversidad de hábitats donde se puede encontrar a la especie *H. minckleyi*: a) estromatolitos en la localidad de Juan Santos; b) Mojarral Este; c) juvenil en la zona periférica en la poza Escobedo; d) ejemplar alimentándose en el substrato arenoso en la poza de La Becerra; e) ejemplares alimentándose de los estromatolitos en Pozas Azules ii; f) ejemplar con polimorfismo cromático en Pozas Azules ii; g) ejemplar adulto en la zona profunda de la poza de La Becerra, en un cráter formado por un manantial; h) ejemplares adultos en la región pelágica de la poza de La Becerra, en los cuales se observa el dicromatismo sexual. Fotos: Isabel Santos Magalhaes, Marta Barluenga y Claudia Patricia Ornelas-García.

Cuadro 1. Descripción de los hábitats disponibles para la mojarra dentro de las distintas localidades en Cuatro Ciénegas. Tamaño efectivo (Ne) corresponde al número de ejemplares reproductores en la población y estos valores fueron estimados a partir de los valores de diversidad obtenidos de 10 *loci* microsatélites.

Localidad	Tamaño efectivo poblacional	Características del hábitat	Observaciones generales
Churince	100	Poza pequeña con 10 m de diámetro y poco profunda (2 m). Con abundante vegetación acuática sumergida y una turbidez relativamente alta. Entre las lagunas estudiadas, ésta fue la que presentó la temperatura más alta	La población es relativamente pequeña con poco reclutamiento. Se observó una alta densidad de ejemplares del pez joya (*Hemichromis bimaculatus*), la cual es una especie introducida
La Becerra	750	Comprende dos cuerpos de agua que se conectan entre sí por un canal natural. La profundidad máxima es de 10 m. Ambas pozas presentan una alta transparencia (> 10 m). En la primera el fondo tiene una gran densidad de estromatolitos en la zona de la periferia, mientras que para la zona centro de la poza, el sedimento es arenoso y corresponde con la zona de manantiales. El canal que conecta ambas pozas presenta una elevada densidad de vegetación, principalmente juncos, pastos y roble venenoso (*Toxicodendron diversilobum*). En la segunda poza la temperatura del agua es de 2 a 3 grados más alta que en la primera, y la densidad de estromatolitos y peces es considerablemente menor	Esta poza congrega la mayor densidad de la especie para todo el valle y la presencia de una mayor cantidad de polimorfismos, tanto de color como en la forma del cuerpo. La mayor densidad de organismos se observó asociada a los estromatolitos o en la zona de transición entre los estromatolitos y la zona arenosa. Los ejemplares de mayor talla se encontraron en la zona pelágica. Asimismo se pudo observar a varias hembras en la periferia protegiendo a las crías. En la segunda poza la densidad de ejemplares es menor, lo que podría estar asociado con la mayor temperatura detectada, así como a una menor diversidad de hábitats
Anteojo	80	Poza pequeña con un diámetro de 20 m y una profundidad máxima de 1.5 m. En esta poza el agua es de color turbio, de sedimento limoso y presenta un olor intenso a metano, lo que podría asociarse con una elevada concentración de nutrientes. La vegetación alrededor de la laguna se compone principalmente de juncos y pastos	Los ejemplares de la especie se concentran en los márgenes de la laguna compuesta por algunos individuos adultos, la mayoría de peces de tallas pequeñas y medianas

Cuadro 1. Continuación.

Localidad	Tamaño efectivo poblacional	Características del hábitat	Observaciones generales
Escobedo	54	Poza con una elevada transparencia. Con un diámetro de 30 m y una profundidad máxima de 7 m. Laguna en forma de cráter con la zona más profunda en el centro	La densidad de la población de *H. minckleyi* es relativamente pequeña. Los peces se concentran en pocos puntos. Uno de éstos es el desagüe de la laguna a través de un pequeño canal, que presenta la mayor densidad de vegetación, y donde el agua tiene temperatura más baja. En esta zona están los individuos más grandes. Otro punto está en los márgenes con mayor abundancia de vegetación, donde se encontraron peces de tallas pequeñas. Finalmente, en la zona más profunda también se registró una docena de peces, a una profundidad de 7 m. El resto de las especies de peces también se encontró concentrado en la zona de desagüe y la periferia del cuerpo de agua
Tío Cándido	60	Laguna de dimensiones relativamente grandes, dividida en varias pozas conectadas, con una transparencia alta y con una profundidad máxima de 3 m. Tiene vegetación abundante en la que predominan en la periferia los juncos, los pastos y el roble venenoso. Entre la vegetación acuática se puede encontrar una gran densidad de lirio acuático	La población de *H. minckleyi* es intermedia y los peces están dispersos por toda la laguna. La mayor concentración de ejemplares está en la vegetación
Pozas Azules II	100	Laguna en forma de cráter, con la zona más profunda en el centro (15 m). El diámetro es de 35 m y cuenta con una elevada transparencia. Presenta en el borde una serie de formaciones de estromatolitos y en la orilla el sustrato es arenoso	La población de *H. minckleyi* es intermedia (aproximadamente 500 ejemplares), con una mayor concentración de individuos en las zonas litorales, principalmente asociados a los estromatolitos. Es una de las pocas poblaciones en donde se pudo observar al bagre lobo (*Ictalurus lupus*, figura 5a)
Mojarral Este	70	Tiene un área periférica poco profunda y en la zona central cuenta con una poza más honda (4 m). Con alta trasparencia y abundante vegetación periférica y acuática. En la zona periférica tiene un substrato de estromatolitos y arena, mientras que en la poza más profunda el sedimento es principalmente arenoso	La población de *H. minckleyi* presenta un buen número de individuos juveniles, los cuales estaban distribuidos principalmente en la zona somera de la laguna. Los individuos adultos se encontraban sobre todo entre la vegetación acuática; en menor densidad en las áreas abiertas y en la zona profunda. Algunos individuos estaban protegiendo territorios, en agujeros y bajo las rocas

Cuadro 1. Continuación.

Localidad	Tamaño efectivo poblacional	Características del hábitat	Observaciones generales
Río Mezquites (Las Palapas)	70	Fragmento del río Mezquites con 2 m de profundidad máxima y 5 m de ancho, aunque varía a lo largo del cauce. Con buena visibilidad y una corriente constante. Contiene abundante vegetación acuática y vegetación litoral, principalmente de juncos y pastos. El substrato es mayoritariamente arenoso con rocas pequeñas, aunque también en algunas zonas presenta limos obscuros	La densidad de la población de *H. minckleyi* es relativamente alta, con muchos individuos juveniles y varias hembras con crías que se distribuyen principalmente en la zona litoral del río. Los individuos adultos se encontraron principalmente entre la vegetación acuática
Mojarral Oeste (Poza Azul)	85	Compuesta por dos pozas conectadas por una zona más somera. La primera poza es más profunda (6 m), con un transparencia elevada. El centro de esta poza presenta un talud de piedra que llega hasta el fondo, en la zona periférica hay estromatolitos y substrato arenoso. En la zona media que conecta ambas pozas, el substrato es limo-arenoso, siendo la zona más somera, con menos de 80 cm de profundidad. La segunda poza es menos profunda. No obstante, presenta de manera similar a la primera una zona profunda que corresponde al centro de la poza y donde se presenta un talud de roca que termina en forma de una pequeña cueva. La vegetación acuática es abundante, sobre todo en la región periférica, donde la proporción de limo con olor a metano es mayor	La población de *H. minckleyi,* en ambas pozas, presentó la mayor concentración en el borde inferior del talud y en la vegetación de la periferia, en menor número, se encontraron refugiados entre las rocas (en pequeños hoyos) o en la parte más profunda de las lagunas. En general, el tamaño de los peces en esta laguna era menor que el tamaño medio en cualquiera de las otras lagunas de la zona
Juan Santos	140	Esta laguna corresponde más con una zona de inundación, donde la profundidad máxima era menor de 1 m. Está rodeada principalmente por pastos y juncos. El substrato es principalmente limo-arenoso y en algunos sitios presenta un olor intenso a metano; no obstante, en algunas zonas los peces usan los estromatolitos como refugio. La vegetación acuática es abundante, sobre todo en la región periférica, donde la proporción de limo es mayor	La población de *H. minckleyi* en ambas pozas presentó la mayor concentración en la vegetación de la periferia y, en menor número, se encontraron refugiados en pequeñas oquedades entre los estromatolitos

Fuente: Magalhaes *et al.* 2015.

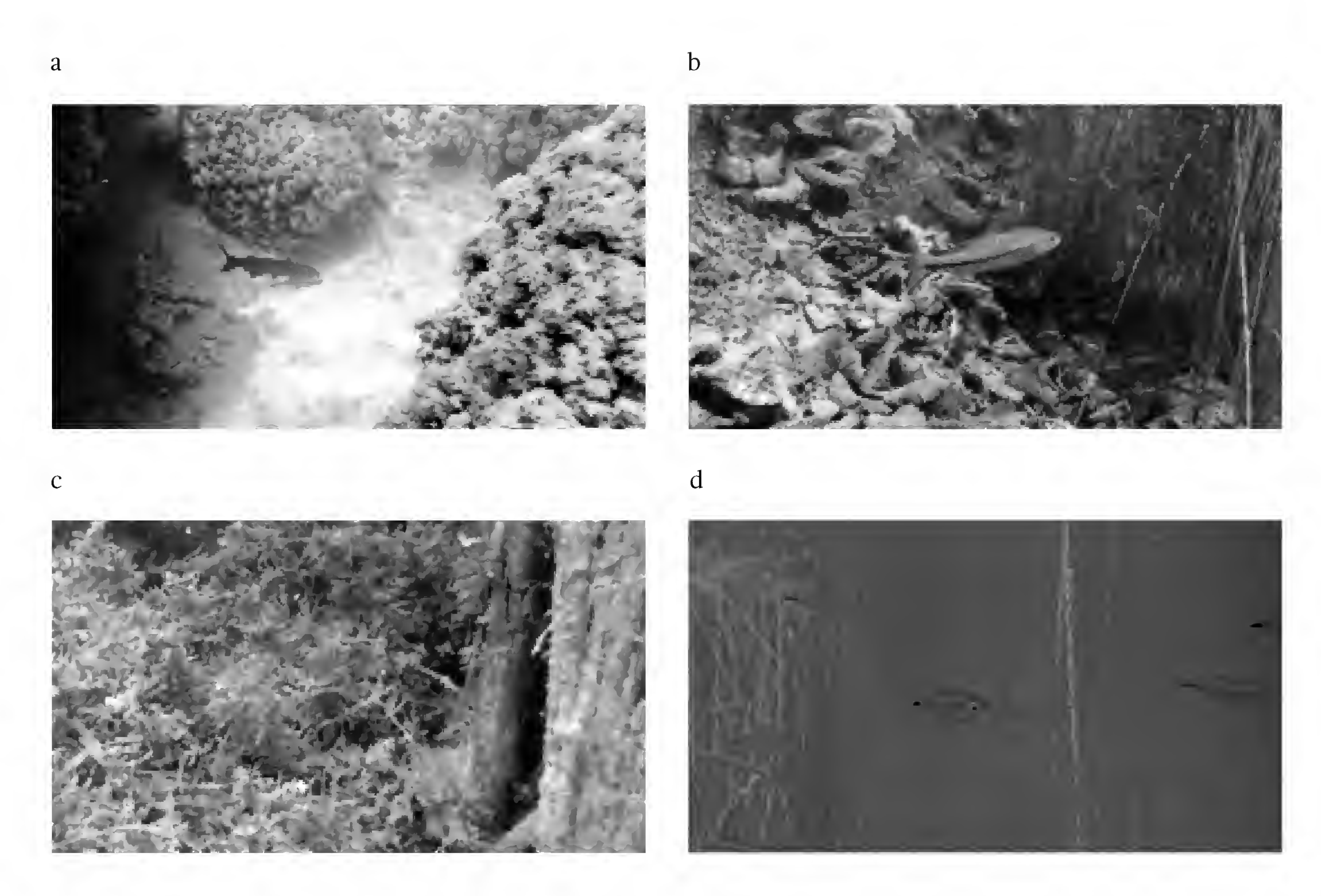


Figura 6. Representación de la diversidad de la comunidad de peces que coexisten con la especie *Herichthys minckleyi*: a) bagre lobo (*Ictalurus lupus*), b) róbalo de Cuatro Ciénegas (*Micropterus salmoides*), c) pez joya africano (*Hemichromis bimaculatus*), d) sardinita plateada (*Astyanax mexicanus*). Fotos: Isabel Santos Magalhaes, Marta Barluenga y Claudia Patricia Ornelas-García.

Importancia evolutiva y ecológica

La mojarra de Cuatro Ciénegas es una de las grandes joyas de la región, por pertenecer, entre otros aspectos, al grupo más antiguo dentro del género *Herichthys* (Říčan *et al.* 2013). Los géneros *Herichthys* y *Nosferatu* son endémicos para la región norte de México y corresponden a los grupos de distribución más septentrional dentro de la familia Cichlidae (De la Maza-Benignos *et al.* 2014).

Además de su relevancia biogeográfica, esta especie es un organismo modelo para el estudio de patrones de diversificación ecológica (Hulsey *et al.* 2006), ecología evolutiva (Magalhaes *et al.* 2015), morfología (Hulsey *et al.* 2005, Hulsey 2006, Hulsey *et al.* 2008) y comportamiento (Oldfield *et al.* 2015), entre otras áreas de la biología, lo cual refleja que es un organismo de gran relevancia e interés académico que ha propiciado que su estudio, tanto en número de grupos como en líneas de investigación, se incremente en los últimos años.

Sin duda se trata de una especie clave dentro de las comunidades. No obstante, es necesario llevar a cabo estudios que permitan conocer su papel en las interacciones tróficas en el ecosistema de Cuatro Ciénegas, por ejemplo, la relación depredador-presa con el caracol de Cuatro Ciénegas (*Mexipyrgus churinceanus*;[2] Chaves-Campos *et al.* 2011a, 2011b).

[2] Esta especie no se presenta en los apéndices de la obra.

Situación y estado de conservación

Debido a su patrón de distribución tan restringido, esta especie se encuentra en peligro de extinción, según la NOM-059 (SEMARNAT 2010). En cuanto a la normativa internacional, la UICN la categoriza como vulnerable, debido a que presenta una reducción en su población por un declive en su área de ocupación y la calidad del hábitat, así como por los efectos de taxa introducidos, hibridación, contaminantes, patógenos, competidores y parásitos (UICN 2015).

Amenazas para su conservación

La sobreexplotación de agua en el valle de Cuatro Ciénegas y los daños de origen antropogénico generados desde hace poco más de tres décadas (Contreras-Balderas 1984, Contreras-Balderas y Lozano-Vilano 1996, Pedraza-Lara *et al.* 2012, Leal-Nares 2016), representan una amenaza para buena parte de la biota dulceacuícola de este valle.

Lo anterior pone de manifiesto que la pérdida del hábitat es sin duda uno de los grandes riesgos que amenazan a esta especie. Entre los factores antrópicos que han llevado a esta acelerada pérdida de hábitat se incluye la extracción de agua con fines agrícolas o para consumo humano (Leal-Nares 2016). En este sentido, especies como *H. minckleyi* presentan un alto grado de vulnerabilidad, ya que la mayoría de sus poblaciones se encuentran en predios privados, en donde no se lleva un control sobre la extracción de agua.

Otra de las amenazas para la especie es la construcción de canales artificiales que han promovido la hibridación con su especie hermana *H. cyanoguttatus* (Magalhaes *et al.* 2015), lo que constituye un riesgo para su acervo genético. De igual forma, la coocurrencia con especies exóticas con altas tasas de crecimiento y reproducción, como el pez joya africano, *Hemichromis bimaculatus*, puede suponer un riesgo para la especie, ya que podría inducir un cambio importante en los ecosistemas y redes tróficas de las que depende *H. minckleyi*.

Acciones de conservación

Si bien *H. minckleyi* constituye una de las especies de cíclidos mexicanos más ampliamente estudiada, aún se desconocen muchos aspectos de su biología. Algunas preguntas de interés para su conservación incluyen, por ejemplo, la caracterización de la hibridación con otras especies del género (*H. cyanoguttatus*), y que podría representar una amenaza a mediano y largo plazo para el mantenimiento del acervo genético de la especie. Es imperativo medir el impacto que las poblaciones de Cuatro Ciénegas pueden tener por el uso intenso del recurso hídrico que actualmente soporta la cuenca.

A partir de los datos obtenidos con marcadores moleculares (mtADN y nucADN), se ha podido observar que la mayoría de sus poblaciones presentan tamaños efectivos que corresponden al número de ejemplares reproductores menores a 150. Los casos más extremos son las poblaciones de Escobedo y Tío Cándido, con 50 y 60 ejemplares reproductores, respectivamente.

Los tamaños efectivos bajos pueden resultar en detrimento para la conservación de la especie, ya que la hace susceptible al apareamiento consanguíneo, cuellos de botella, además del riesgo asociado con la estocasticidad demográfica por la pérdida del hábitat, lo que representa una drástica disminución en sus tamaños poblacionales (Lande 1988, Allendorf y Luikart 2007). Es posible ver el efecto asociado a estos cambios en los tamaños poblacionales, donde Juan Santos, Mojarral Este y Mojarral Oeste presentan un exceso de heterocigotos (Magalhaes *et al.* 2015).

Como se mencionó antes, la pérdida de hábitat es sin duda uno de los mayores riesgos a los que se enfrenta la especie, por lo que sus poblaciones podrían estar en riesgo de extinción antes que sus valores de diversidad genética presenten cambios drásticos en los tamaños de las poblaciones (Lande 1988).

De las acciones que resultan prioritarias para su conservación, están el frenar la pérdida de hábitat, controlar el crecimiento de especies exóticas y llevar a cabo estudios que permitan conocer más acerca de su biología e historia de vida, como tasas de fecundidad, crecimiento e interacciones ecológicas. Como medida alterna resulta importante comenzar con programas de reproducción *ex situ*, donde se considere la identidad genética de estos grupos, a fin de optimizar la conservación y manejo de la especie.

Conclusión

Herichthys minckleyi es, además de una especie emblemática para el valle de Cuatro Ciénegas, un organismo modelo en el estudio de procesos de diversificación, ya que corresponde a un ejemplo paradigmático de plasticidad morfológica asociada con su ecología trófica (Magalhaes *et al.* 2015). La especie es de interés académico no sólo para la comunidad científica nacional, sino también para la internacional, y representa, en conjunto con otros grupos de la región, un reto para la conservación y el manejo de sus poblaciones.

A pesar de la gran relevancia de los estudios que se han hecho en torno a la especie, se carece de información básica sobre su biología, misma que sería determinante para el diseño de un plan de manejo integral. No obstante, los estudios recientes, tanto para la especie (p.e. Magalhaes *et al.* 2015, Oldfield *et al.* 2015, Hulsey *et al.* 2015) como para sus presas (Johnson 2005, Chaves-Campos *et al.* 2011a), permitirán entender mejor la dinámica y patrones de evolución de *H. minckleyi* en el valle de Cuatro Ciénegas.

Asimismo es necesario entender el efecto que ha tenido la translocación de su especie hermana *H. cyanoguttatus*, ya que actualmente es posible identificar ejemplares híbridos entre ambas. Sin duda, reducir el efecto que ha tenido la construcción de canales artificiales en la translocación de especies, no sólo es importante para el mantenimiento de su acervo genético, sino también por el riesgo que estos canales artificiales representan para la entrada de otras especies.

Con el fin de preservar a *H. minckleyi*, es necesario tener acciones inmediatas en monitoreo genético de las poblaciones más vulnerables, como pueden ser aquellas con tamaños efectivos menores a 100 ejemplares. Aunado a lo anterior, será necesario implementar programas de reproducción *ex situ* que reduzcan el riesgo en la pérdida de algunas poblaciones silvestres, como resultado del detrimento del hábitat.

Finalmente, la recuperación y mantenimiento del sistema hidrológico está en estrecha relación con el manejo y conservación de la especie, lo que hace evidente que la pérdida del hábitat se convertirá en uno de los grandes retos a superar en las próximas décadas.

Referencias

Álvarez, F., C. Pedraza-Lara y J.L. Villalobos. 2014. Identity of freshwater shrimp populations (Weber 1795) from northern Mexico: genetic variation at local and regional scales. *Journal of Crustacean Biology* 34(4):481-493.

Allendorf, F. y G. Luikart. 2007. *Conservation and the genetics of populations*. Wiley-Blackwell, Oxford.

Barluenga-Badiola, M., K.N. Stölting, W. Salzburger *et al.* 2006. Sympatric speciation in nicaraguan crater lake cichlid fish. *Nature* 439(7077):719-723.

Carson, E.W. y T.E. Dowling. 2006. Influence of hydrogeographic history and hybridization on the distribution of genetic variation in the pupfishes *Cyprinodon atrorus* and *C. bifasciatus*. *Molecular Ecology* 15(3):667-679.

Chaves-Campos, J., S.G. Johnson, F.J.G. de León y C.D. Hulsey. 2011a. Phylogeography, genetic structure, and gene flow in the endemic freshwater shrimp

Palaemonetes suttkusi from Cuatro Cienegas, Mexico. *Conservation Genetics* 12:557-567.

Chaves-Campos, J., S.G. Johnson y C.D. Hulsey. 2011b. Spatial geographic mosaic in an aquatic predator-prey network. *PLoS One* 6:e22472.

Contreras-Balderas, S. 1984. Environmental impacts in Cuatro Cienegas, Coahuila, Mexico: a commentary. *Journal of the Arizona-Nevada Academy of Science* 19.1:85-88.

Contreras-Balderas, S. y M. de L. Lozano-Vilano. 1996. Extinction of most Sandia and Potosi valleys (Nuevo Leon, Mexico) endemic pupfishes, crayfishes and snails. *Ichthyological Exploration of Freshwaters* 7(1):33-40.

De la Maza-Benignos, M., C.P. Ornelas-García, M. de L. Lozano-Vilano *et al.* 2014. Phylogeographic analysis of genus *Herichthys* (Perciformes: Cichlidae), with descriptions of *Nosferatu* new genus and *H. tepehua* n. sp. *Hydrobiologia* 748:201-231.

Hulsey, C.D., D.A. Hendrickson y F.J. García de León. 2005. Trophic morphology, feeding performance and prey use in the polymorphic fish *Herichthys minckleyi*. *Evolutionary Ecology Research* 7:303-324.

Hulsey, C.D. 2006. Function of a key morphological innovation: fusion of the cichlid pharyngeal jaw. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 273:669-675.

Hulsey, C.D., J. Marks, D. Hendrickson *et al.* 2006. Feeding specialization in *Herichthys minckleyi*: a trophically polymorphic fish. *Journal of Fish Biology* 68(5):1399-1410.

Hulsey, C.D., R.J. Roberts, A.S. Lin *et al.* 2008. Convergence in a mechanically complex phenotype: detecting structural adaptations for crushing in cichlid fish. *Evolution* 62(7):1587-1599.

Hulsey, C.D., F.J. García de León y A. Meyer. 2015. Sexual dimorphism in a trophically polymorphic cichlid fish? *Journal of Morphology* 276(12):1448-1454.

Johnson, S.G. 2005. Age, phylogeography and population structure of the microendemic banded spring snail. *Mexipyrgus churinceanus*. *Molecular Ecology* 14(8):2299-2311.

Kornfield, I. y J.N. Taylor. 1983. A new species of polymorphic fish, *Cichlasoma minckleyi*, from Cuatro Cienegas, Mexico (Teleostei: Cichlidae). *Proceedings of the Biological Society of Washington* 96(2):253-269.

Lande, R. 1988. Genetics and demography in biological conservation. *Science* 241(4872):1455-1460.

Leal-Nares, O.A. 2016. *Influencia de la hidrología superficial y subterránea en la cobertura y composición de los humedales: caso de estudio Cuatro Ciénegas*. Tesis de doctorado. IMTA, México.

Magalhaes, I.S., C.P. Ornelas-García, M. Leal-Cardin *et al.* 2015. Untangling the evolutionary history of a highly polymorphic species: introgressive hybridization and high genetic structure in the desert cichlid fish *Herichtys minckleyi*. *Molecular Ecology* 24(17):4505-4520.

McGaugh, S.E. 2012. Comparative population genetics of aquatic turtles in the desert. *Conservation Genetics* 13(6):1561-1576.

Miller, R.R., W.L. Minckley y S.M. Norris. 2005. *Freshwater fishes of Mexico*. University of Chicago Press, EUA.

Oldfield, R.G., K. Mandrekar, M.X. Nieves *et al.* 2015. Parental care in the Cuatro Cienegas cichlid, *Herichthys minckleyi* (Teleostei: Cichlidae). *Hydrobiologia* 748(1):233-257.

Pedraza-Lara, C., I. Doadrio, J.W. Breinholt y K.A. Crandall. 2012. Phylogeny and evolutionary patterns in the dwarf crayfish subfamily (Decapoda: Camarellinae). *PLoS One* 7(11):e48233.

Říčan, O., L.Piálek, R. Zardoya *et al.* 2013. Biogeography of the mesoamerican cichlidae (Teleostei: Heroini): colonization through the GAARlandia land bridge and early diversification. *Journal of Biogeography* 40(3):579-593.

Souza, V., A. Escalante, L. Espinoza y A. Valera. 2004. Cuatro Ciénegas, un laboratorio natural de astrobiología. *Ciencias* 75:4-12.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el DOF. Texto vigente.

UICN. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. 2014. IUCN Red list of threatened species. Version 2014.3. En: <*http://www.iucnredlist.org*>, última consulta: 6 de septiembre de 2016.

Pérdida de peces dulceacuícolas en la Comarca Lagunera

Gabriel Fernando Cardoza Martínez y Fernando Alonzo Rojo

Introducción

La diversidad ictiológica de la cuenca endorreica Nazas-Aguanaval, que desemboca dentro del continente en la región baja de la Comarca Lagunera, es una de las más importantes en el norte-centro de México por la presencia de endemismos generados por el aislamiento y aridez de la región (Miller *et al.* 2009).

En su extremo sureste abarca desde la Sierra Madre Occidental hasta lo que, a principios del siglo XX, fue un gran sistema de lagunas en el noreste de Durango y suroeste de Coahuila (Abell *et al.* 2008), específicamente en las subprovincias Del Bolsón de Mapimí y Laguna de Mayrán, ubicadas en la porción suroeste del estado.

A mediados del siglo pasado diferentes presiones antropogénicas, como la introducción de especies exóticas, la contaminación de los ríos (principalmente en las cercanías con los centros urbanos o actividades agropecuarias), la disminución de la cubierta vegetal original (por la agricultura y ganadería extensivas) y la sobreexplotación del agua del subsuelo, originaron una disminución e incluso extinción de especies de gran importancia ecológica y cultural en este sistema endorreico.

Entre ellas se encontraban las del bosque de galería (con especies representativas: sabino *Taxodium mucronatum*, sauce *Salix* sp. y álamo *Populus* sp.), así como la tortuga de fango de Viesca (*Kinosternon hirtipes megacephallum*[1]) y las comunidades de aves migratorias.

La principal causa de este impacto, específicamente para la parte baja de los ríos Nazas y Aguanaval, fue la interrupción del flujo de agua que de manera continua se presentaba a lo largo del cauce de los ríos mencionados, hasta desembocar en un sistema de grandes lagunas, entre las que destacan la de Mayrán, Viesca y Tlahualilo (CONAGUA 2004, Contreras-Balderas *et al.* 2005, Cardoza-Martínez *et al.* 2011) en los municipios de Viesca, San Pedro y Tlahualilo, respectivamente.

La interrupción de este flujo tuvo su origen en la construcción de las presas almacenadoras y derivadoras con fines agropecuarios. Entre ellas está la presa Lázaro Cárdenas (El Palmito) en el

[1]Esta subespecie no se encuentra en apéndices, pero sí se distribuyó en Coahuila.

Cardoza-Martínez, G.F. y F. Alonzo-Rojo. 2018. Pérdida de peces dulceacuícolas en la Comarca Lagunera. En: *La biodiversidad en Coahuila. Estudio de Estado*, vol. II. CONABIO/Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza, México, pp. 315-319.

municipio de Indé, Durango, la cual se terminó de construir en 1946 y es la de mayor capacidad (figura 1). Lo anterior acentuó que los manantiales y otras formas de agua superficial disminuyeran su nivel significativamente hasta convertirse en pequeños cuerpos de agua estacionales (Miller *et al.* 2009).

Consecuencias en la diversidad ictiofaunística

Existen pocos registros históricos sobre la diversidad de peces en la Comarca Lagunera. No obstante, está documentado que en la antigua Laguna Grande de San Pedro (siglo xvii), actualmente del Bolsón de Mapimí, existió un considerable número de especies de peces que fue reportado por los historiadores y viajeros, quienes documentaron que tales especies servían como alimento a los indígenas durante la creciente del río Nazas.

Durante la época seca, los peces se concentraban en estuarios o grandes estanques (Pérez de Ribas 1968). Algunos estudios ictiofaunísticos realizados en la historia reciente de la Comarca Lagunera han documentado la disminución progresiva de la diversidad en este grupo (Contreras-Balderas *et al.* 2005).

Por ejemplo, en 1968 se registraron seis especies en el río Nazas correspondiente a la parte de Torreón: carpita del Nazas (*Notropis nazas*, figura 2a), carpa Mayrán (*Gila conspersa*), bagre yaqui (*Ictalurus pricei*), carpita jorobada (*Cyprinella garmani*, figura 2b) y matalote del Nazas (*Pantosteus nebuliferus*); esta última especie es reportada por Miller y colaboradores en 2009 como un subgénero de *Catostomus* o sinonimia de *Catostomus nebuliferus* y fue extirpada de la cuenca del Nazas, no existiendo al momento reportes actuales de presencia de estas especies nativas para el río Aguanaval, así como la sardinita mexicana (*Astyanax mexicanus*) que es una especie exótica (Contreras-Balderas *et al.* 2005). Cabe resaltar la representatividad de estas especies nativas registrada en 1968 para la zona metropolitana de La Laguna, en Coahuila, ya que corresponde a 41.6% del total de especies nativas registradas para todo el río Nazas, las cuales en total suman 12 (Contreras-Balderas *et al.* 2005, López 2012).

No obstante, en estudios realizados entre 2005 y 2012 se reportaron sólo cinco especies en sistemas de riego, como canales y acequias para la zona metropolitana de La Laguna, en Coahuila y Durango: sardinita mexicana, mojarra oreja azul (*Lepomis macrochirus*, figura 2c), lobina negra (*Micropterus salmoides*, figura 2d), bagre de canal (*Ictalurus punctatus*) y tilapia (*Oreochromis aureus*), todas con la categoría de especies introducidas (figuras 4 y 5, cuadro 1; Contreras-Balderas *et al.* 2005, Palacios 2008, Pérez-Ponce de León *et al.* 2010, López 2012).

La presencia de estas especies en la zona metropolitana de La Laguna, en Coahuila, y regiones anexas está determinada de manera intermitente por la apertura y cierre de las compuertas de las presas derivadoras, dependientes a su vez del ciclo agrícola de la región. En este sentido, está bien documentado que la dominancia de especies introducidas en una comunidad refleja una baja calidad en el ecosistema, así como disturbios en el mismo (Di Marzio *et al.* 2003, Echelle *et al.* 2003, Velázquez-Velázquez y Vega-Cendejas 2004, Van-Liefferinge *et al.* 2010).

Otros estudios muestran una integridad biótica clasificada como pobre para la comunidad de peces en la parte baja del río Nazas, con relación a la integridad original de la cuenca, mientras que para la zona metropolitana de La Laguna, en Coahuila, se clasifica como inexistente o carente de muestras, debido a que gran parte del año los sistemas de riego se encuentran sin agua (Contreras-Balderas *et al.* 2005).

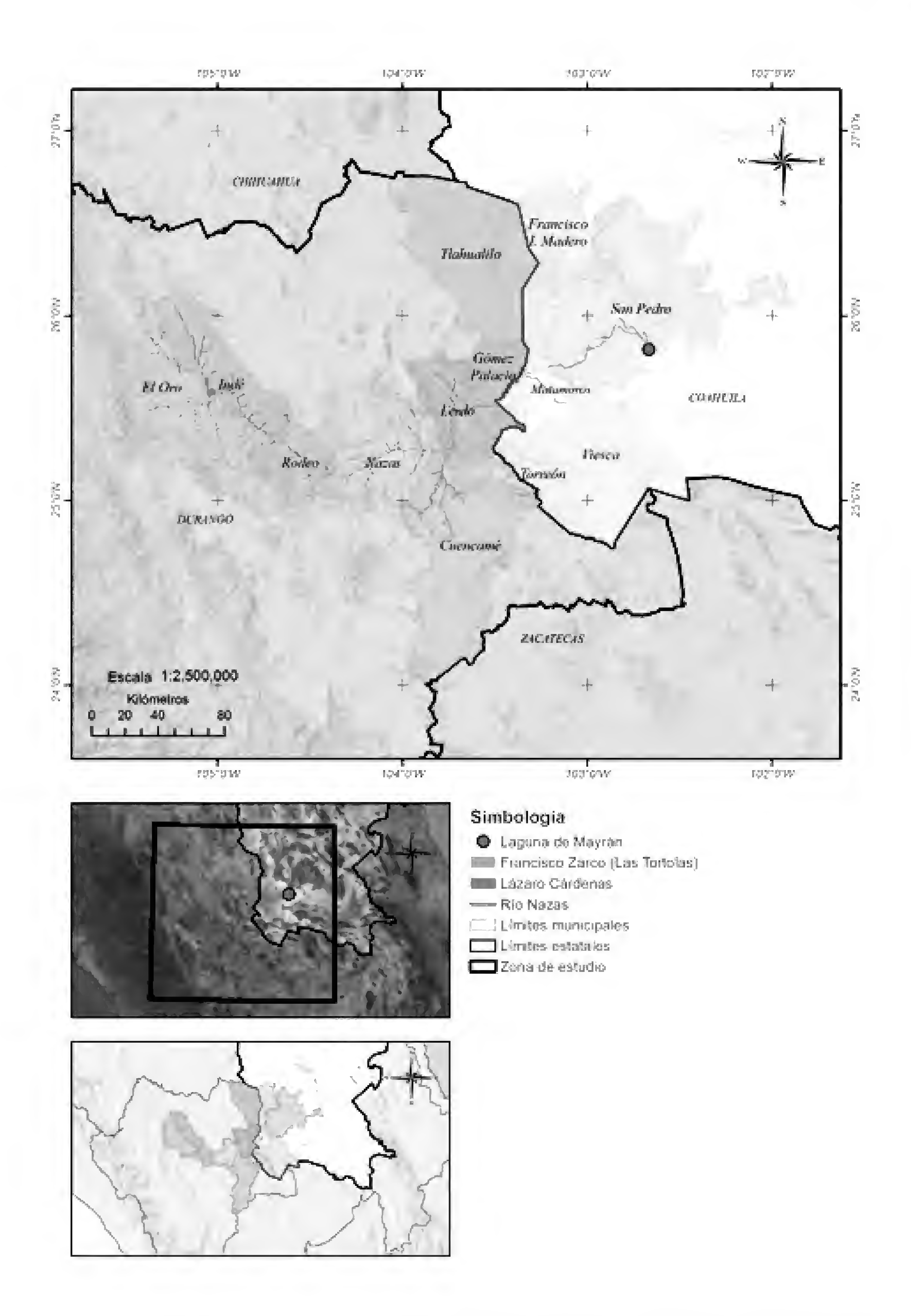


Figura 1. Ubicación del río Nazas (Durango y Coahuila) y zona de pérdida de cuerpos de agua superficial en Coahuila. Fuente: INEGI 1984.

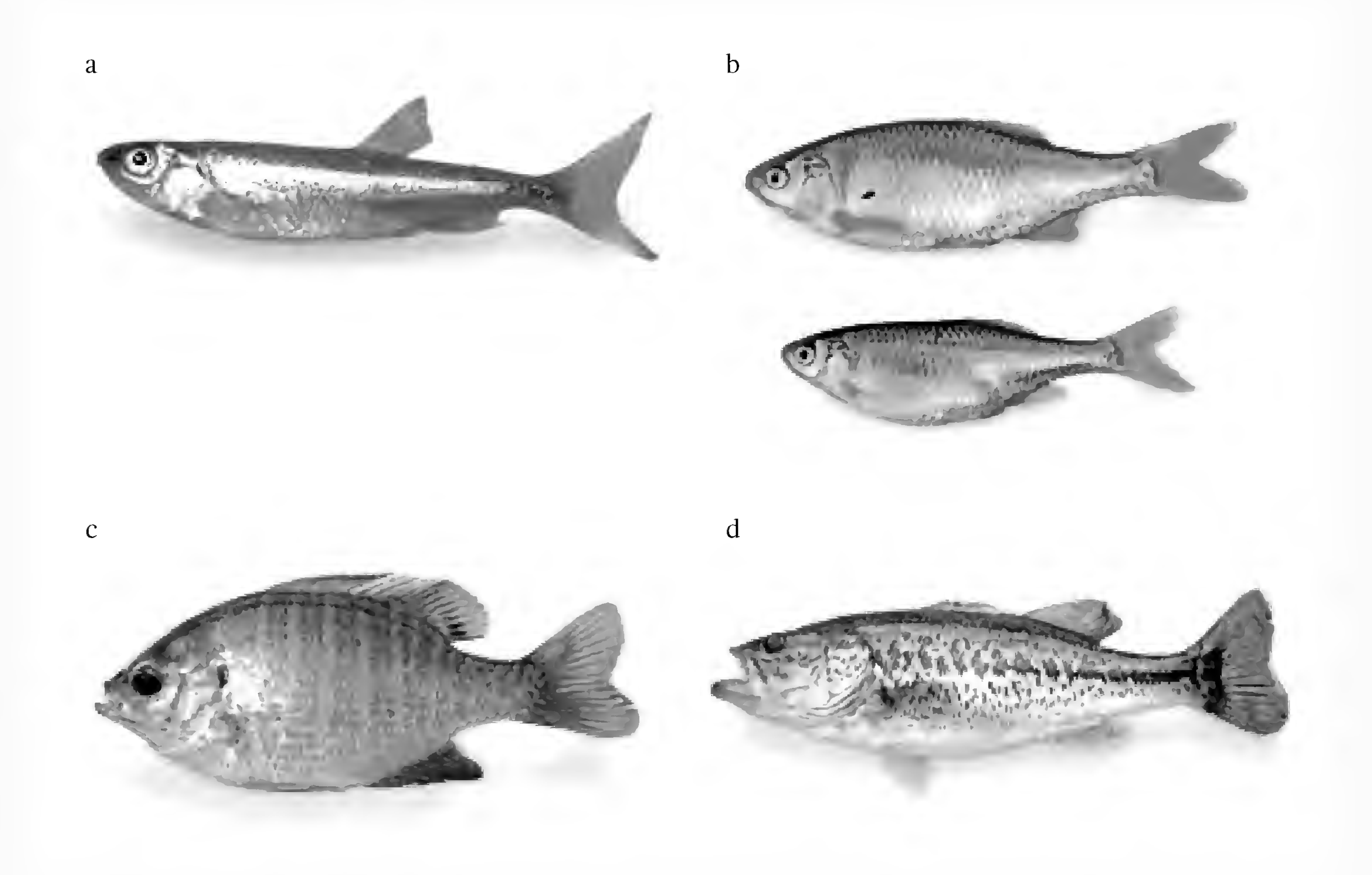


Figura 2. Ejemplos de peces nativos y exóticos que habitan en Coahuila: a) carpita del Nazas (*Notropis nazas*); b) carpita jorobada (*Cyprinella garmani*); c) mojarra oreja azul (*Lepomis macrochirus*); d) lobina negra (*Micropterus salmoides*). Fotos: Fernando Alonzo-Rojo.

Cuadro 1. Especies de peces reportadas en el río Nazas dentro de Coahuila.

Especie	Origen	Año de registro
Notropis nazas	Nativa	1968
Gila conspersa	Nativa	1968
Ictalurus pricei	Nativa	1968
Cyprinella garmani	Nativa	1968
Pantosteus nebuliferus	Nativa	1968
Astyanax mexicanus	Introducida	1968, 2008 y 2012
Lepomis macrochirus	Introducida	2008 y 2012
Micropterus salmoides	Introducida	2008 y 2012
Ictalurus punctatus	Introducida	2008 y 2012
Oreochromis aureus	Introducida	2008 y 2012

Fuente: elaboración propia.

Conclusión

Para la Comarca Lagunera de Coahuila, la reducción de la diversidad de especies nativas y endémicas de peces ha sido significativa desde la segunda mitad del siglo xx hasta la fecha. Se estima que en el periodo mencionado se perdieron cinco especies nativas, de las cuales dos se catalogan como exclusivas (endémicas) del río Nazas. Por el contrario, en estudios recientes (2005-2012) sólo se han reportado cinco especies de peces en la misma región, todas catalogadas como introducidas, lo cual es un indicador del deterioro progresivo en la integridad biológica del ecosistema ripario para la parte baja del Nazas (Martínez 2014).

Debido a lo anterior, es necesario continuar con los estudios sobre la comunidad de peces en la cuenca Nazas-Aguanaval con énfasis en las especies nativas. Además se deben implementar medidas de protección que coadyuven al restablecimiento de la integridad de la comunidad original, tales como evitar la introducción de nuevas especies, promover el control poblacional de las ya existentes, restablecer la cubierta vegetal original de la zona riparia (lo cual contribuye a establecer el flujo de materia y energía en el ecosistema) y mantener el flujo constante de agua a lo largo de la cuenca (se incluye la parte baja de la misma).

Referencias

Abell, R., M.L. Thieme, C. Revenga *et al.* 2008. Freshwater ecoregions of the world: a new map of biogeographic units for freshwater biodiversity conservation. *BioScience* 58(5):403-414.

Cardoza-Martínez, G.F., J.L. Estrada-Rodríguez, F. Alonzo-Rojo *et al.* 2011. Espectro trófico del bagre *Ictalurus punctatus* (Siluriformes: Ictaluridae), en la presa Lázaro Cárdenas, Indé, Durango, México. *Hidrobiológica* 21(2):210-216.

conagua. Comisión Nacional del Agua. 2004. Programa Hidráulico Regional 2002-2006. Región vii: cuencas centrales del norte. Comisión Nacional del Agua (conagua), México.

Contreras-Balderas, S., M.L. Lozano-Vilano y M.E. García-Ramírez. 2005. Historical changes in the index of biological integrity for the lower rio Nazas, Mexico. *American Fisheries Society Symposium* 45:225-237.

Di Marzio, W.D., M.C. Tortorelli y L.R. Freyre. 2003. Diversidad de peces en un arroyo de llanura. *Limnetica* 22(3-4):71-76.

Echelle, A.A., A.F. Echelle, S. Contreras y M.L. Lozano. 2003. Pupfishes of the northern Chihuahuan Desert: status and conservation. *Special Publications, Museum of Texas Tech University* 46:110-126.

López, I. 2012. *Distribución y abundancia de la ictiofauna en la parte media y baja del río Nazas, Durango*. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias Biológicas-Universidad Juárez del Estado de Durango (ujed), México.

Martínez, I.A. 2014. *Índices de integridad biótica de la parte media y baja del río Nazas, Durango, México*. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias Biológicas-ujed, México.

Miller, R.R., W.L. Minckley y S.M. Norris. 2009. *Peces dulceacuícolas de México*. conabio/simac/ecosur/cpd, México.

Palacios, O.A. 2008. *Diversidad de la ictiofauna en el río Nazas, Durango*, México. Tesis de licenciatura. Escuela Superior de Biología-ujed, México.

Pérez-Ponce de León, G., R. Rosas-Valdez, R. Aguilar-Aguilar *et al.* 2010. Helminth parasites of freshwater fishes, Nazas river basin, northern Mexico. *Check List* 6(1):26-35.

Pérez de Ribas, A. 1968. *My life among the savage nations of New Spain*. Ward Ritchie Press, Los Ángeles.

Van-Liefferinge, C., I. Simoens, C. Vogt *et al.* 2010. Impact of habitat diversity on the sampling effort required for the assessment of river fish communities and ibi. *Hidrobiología* 644:169-183.

Velázquez-Velázquez, E. y M.E. Vega-Cendejas. 2004. Los peces como indicadores del estado de salud de los ecosistemas acuáticos. *Biodiversitas* 57:12-15.

Anfibios

Sara Isabel Valenzuela Ceballos, José Gamaliel Castañeda Gaytán, Miriam Alejandra Cueto Mares, Héctor Gadsden Esparza, Luis Oliver López, David Lazcano Villarreal, Guillermo Alfonso Woolrich Piña y Julio Alberto Lemos Espinal

Descripción

El término anfibio proviene del griego *amphi* que significa "ambos" y *bios* que significa "vida". Este nombre se debe a que, durante sus primeras etapas de vida, los organismos de este grupo se desarrollan en cuerpos de agua y durante su etapa adulta la mayoría puede vivir afuera del agua y sólo algunas especies viven por siempre en este medio.

Las características de su piel distinguen a los anfibios del resto de los vertebrados, poseen glándulas que segregan sustancias mucosas que evitan la desecación del individuo y favorecen la conservación de humedad, lo que permite el intercambio gaseoso de la respiración. Algunas especies cuentan con glándulas que segregan sustancias tóxicas que mantienen alejados a los depredadores (Lemos-Espinal y Smith 2007).

En la actualidad se tienen registradas 7 799 especies de anfibios en el mundo. Se dividen en tres órdenes: caecilias (Gymnophiona), salamandras y tritones (Caudata) y ranas y sapos (Anura). Los anuros son los más diversos, con 6 882 especies, seguidos por los caudata con 710 y los gymnophiones con 207 (AmphibiaWeb 2018).

México tiene 384 especies de anfibios de los tres órdenes. A pesar de que Coahuila posee un clima predominantemente seco, cuenta con 24 especies pertenecientes a los órdenes Caudata y Anura (apéndice 24; Lemos-Espinal y Smith 2007), con la presencia de cinco especies endémicas de México. Del total de especies de anfibios en la entidad, dos (8.3%) han sido introducidas por el ser humano (*Rana catesbeiana* y *Rhinella horribilis*) y el resto se consideran nativas del estado.

Aunque el número de especies reportadas parece ser reducido, la diversidad representa 57.14% de todos los anfibios que habitan en la provincia biogeográfica del Desierto Chihuahuense, en la que Coahuila está localizado (Fitzgerald *et al.* 2004), y que es cuatro veces más grande que la entidad (630 000 km^2 contra 151 595 km^2, respectivamente), con un ambiente seco o semiseco en 95% del estado (figura 1; INEGI 2014).

Distribución

Los anfibios se distribuyen cerca de cuerpos de agua o dentro de hábitats con una alta humedad

Valenzuela-Ceballos, S.I., G. Castañeda-Gaytán, M.A. Cueto-Mares, H. Gadsden, L. Oliver-López, D. Lazcano, G.A. Woolrich-Piña y J.A. Lemos-Espinal. 2018. Anfibios. En: *La biodiversidad en Coahuila. Estudio de Estado*, vol. II. CONABIO/Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza, México, pp. 321-327.

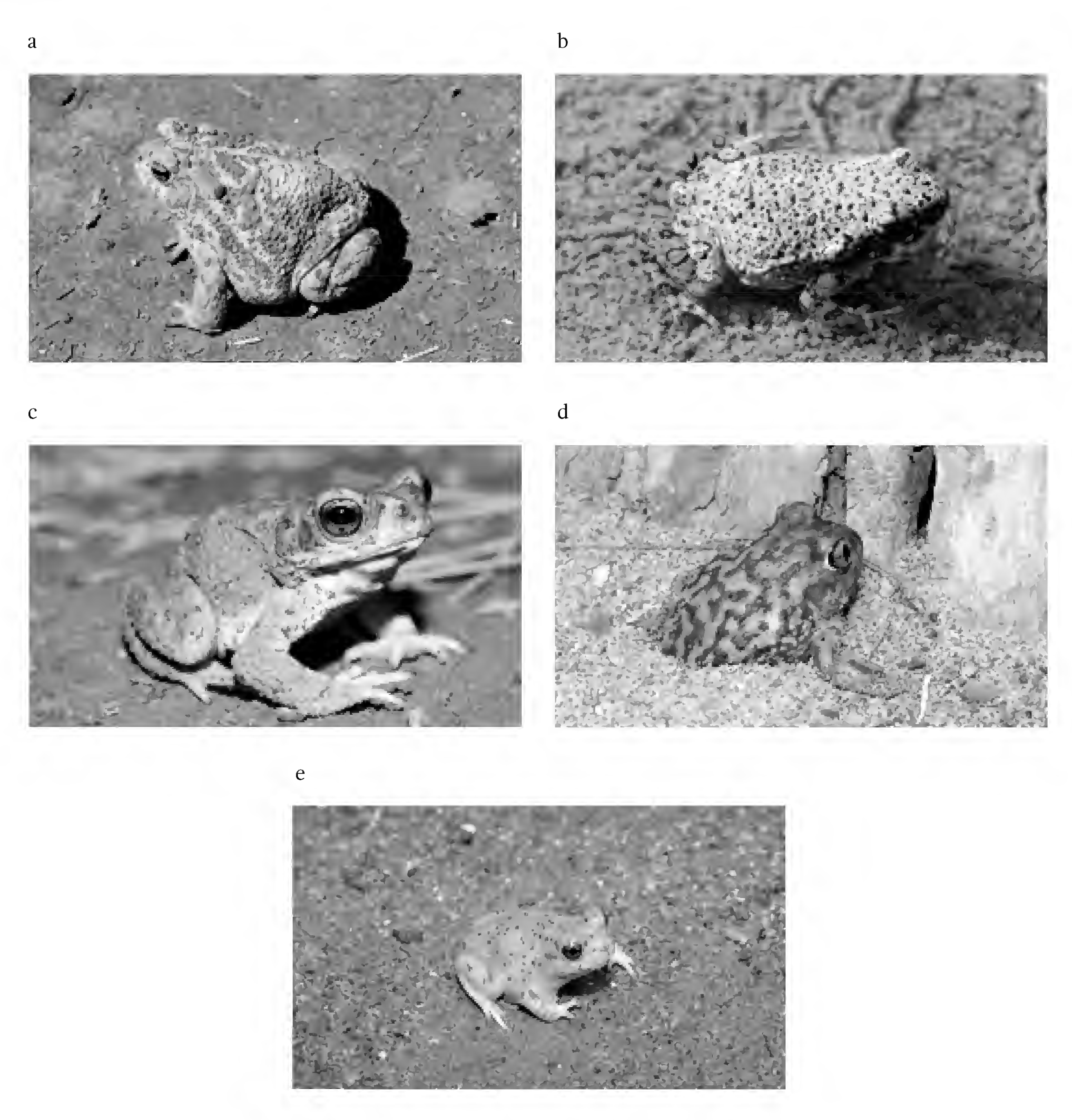


Figura 1. Especies del orden Anura (ranas y sapos) que habitan en Coahuila: a) sapo de espuelas (*Anaxyrus cognatus*); b) sapo verde (*A. debilis*); c) sapo de puntos rojos (*A. punctatus*); d) sapo de las planicies (*Scaphiopus couchii*); e) sapo mexicano de espuelas (*Spea multiplicata*). Fotos: Gamaliel Castañeda-Gaytán.

(Duellman y Trueb 1986), por lo que la mayoría se localiza en el trópico y son poco comunes en las zonas áridas. Algunas especies de anfibios presentes en el estado habitan en ambientes áridos o semiáridos (véase estudio de caso Distribución y riqueza de anfibios, en esta misma obra).

Estas especies evaden las temperaturas altas y toleran la carencia de agua, por lo que se ocultan durante la mayor parte del año (o durante las horas más calientes del día) y tienen mayor actividad después de las lluvias estacionales (julio-septiembre), cuando es común verlos agrupados

en las cercanías de charcas y pozas temporales (figura 2; Dayton y Fitzgerald 2006).

Las subprovincias con mayor diversidad de anfibios en Coahuila son Pliegues Saltillo-Parras y Sierras y Llanuras Coahuilenses (cuadro 1; Villarreal *et al.* 1996). En estas dos subprovincias se distribuyen 17 de las 24 especies reportadas en la entidad (cuadro 1) y se incluyen las cuatro especies de salamandras (Caudata) que se encuentran distribuidas únicamente en la subprovincia de Pliegues Saltillo-Parras (apéndice 24). Por otra parte, la subprovincia con menor diversidad del estado es la correspondiente a la Serranía del Burro, en la que sólo se han registrado cuatro especies de anfibios (cuadro 1 y figura 3).

Importancia ecológica, económica y cultural

Aunque los anfibios no representan una alta riqueza en el estado ni dentro del Desierto Chihuahuense, sí son un grupo de importancia ecológica, pues fungen como indicadores de alteraciones en el ambiente acuático y terrestre, como la desecación, el calentamiento global y la contaminación derivada de actividades humanas (Sewell y Griffths 1999).

Desde el punto de vista económico, los anfibios tienen poca diversificación de uso. México prohíbe su exportación ilícita con fines comerciales, salvo algunas limitadas excepciones (SEMARNAT 2000). No obstante, la venta de anfibios como mascotas exóticas ha ido en incremento en el mercado negro. Fitzgerald y colaboradores (2004) realizaron un listado de anfibios del Desierto Chihuahuense que se extraen para venta como mascotas, en el que se mencionan 11 especies de Coahuila, como *Anaxyrus cognatus* y *A. woodhousii,* que además se utilizan para el control de plagas en los jardines (apéndice 24).

Por otra parte, a pesar de que algunas especies como la rana toro (*Rana catesbeiana*) o la rana leopardo (*R. berlandieri*) son susceptibles de aprovechamiento para la producción de carne como alimento, su poca aceptación local y la ausencia de mercado dificultan su aprovechamiento (observación personal).



Figura 2. Individuos del sapo mexicano de espuelas (*Spea multiplicata*) al refugiarse en la tierra después de las lluvias, en la subprovincia Laguna de Mayrán. Foto: Gamaliel Castañeda-Gaytán 2008.

En el ámbito cultural, los anfibios no figuran como organismos de uso amplio por las culturas que habitaron Coahuila. Además, la sociedad actual no los considera organismos arraigados dentro de la cultura tradicional (Busio 2013). No obstante, en algunas localidades rurales del suroeste del estado (Viesca, Jimulco, Matamoros, entre otras) se les atribuye cierta propiedad de fortuna o buena suerte (observación personal).

Cuadro 1. Especies de anfibios registradas en las subprovincias fisiográficas de Coahuila.

Subprovincia fisiográfica	Número de especies	
	Anura	Caudata
Llanuras y Sierras Volcánicas	7	0
Del Bolsón de Mapimí	7	0
Laguna de Mayrán	6	0
Sierras Transversales	6	0
Gran Sierra Plegada	6	0
Pliegues Saltillo-Parras	9	4
Sierra de la Paila	9	0
Sierras y Llanuras Coahuilenses	10	0
Serranía del Burro	4	0
Llanuras de Coahuila y Nuevo León	8	0

Fuente: elaboración propia.

Situación y estado de conservación

Se considera que la mayoría de los anfibios del mundo se encuentran bajo algún tipo de amenaza, pues su tasa de extinción es mucho mayor a la de otros vertebrados. Se estima que en las últimas dos décadas han desaparecido cerca de 168 especies de anfibios. Las regiones que han sufrido más extinciones son Centroamérica, el Caribe y Australia (Stuart *et al.* 2004).

Según la UICN en 2012, más del 30% de las especies de anfibios del mundo se encontraban en la categoría de amenazadas. En su Lista Roja se registran todas las especies reportadas para Coahuila, con excepción de la salamandra tigre (*Ambystoma mavortium*). En la categoría de vulnerable se enlistan dos especies, tres en casi amenazada y el resto bajo preocupación menor. En la NOM-059-SEMARNAT-2010 se encuentran seis de las especies (25%), el tlaconete neoleonense (*Aquiloeurycea galeanae*) bajo la categoría de amenazada y cinco en protección especial (apéndice 24).

Principales amenazas

La pérdida de hábitat debido a las prácticas agrícolas y el calentamiento climático global son dos de las principales amenazas para los anfibios del mundo (Collins y Storfer 2003). De 1995 a 2010, la superficie agrícola del estado aumentó de 252 554 ha a 273 643 ha (INEGI 2012), mientras que en la última década la producción de ganado bovino aumentó a una tasa anual de crecimiento de 2.24% (Financiera Rural 2009).

Este crecimiento en el sector agrícola y ganadero ha provocado una fragmentación mayor del entorno. Esto se debe a la tala de vegetación

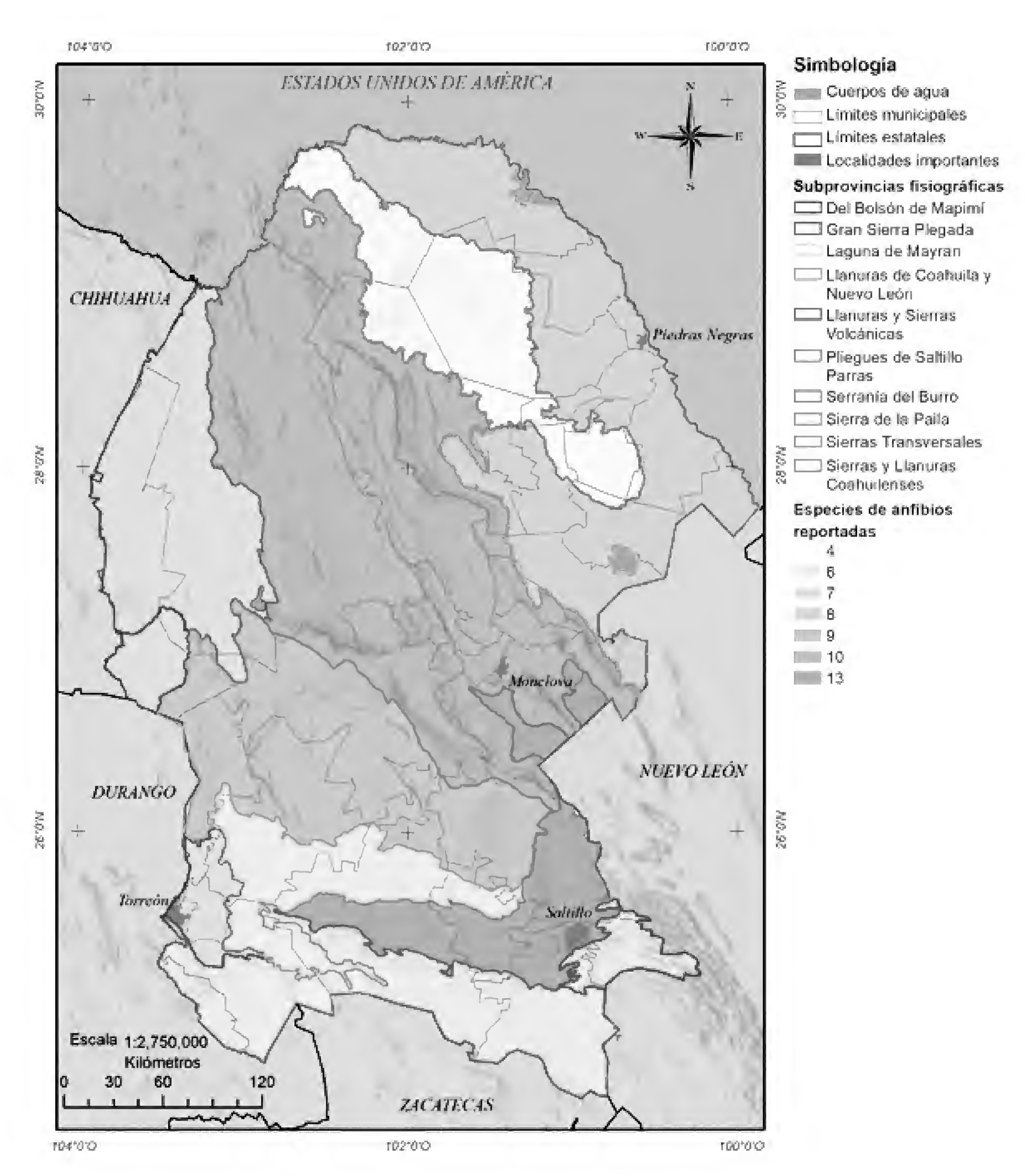


Figura 3. Distribución de los anfibios por cada subprovincia fisiográfica en el estado. El color indica el total de especies reportadas. Fuente: elaboración propia.

para el establecimiento de cultivos nuevos y al entubamiento de los cuerpos de agua para obtener una extracción mayor del recurso para riego de los mismos. Estas acciones minimizan las opciones de hábitat de las especies, sobre todo de aquellas especies que dependen de este tipo de ecosistemas para sobrevivir.

Aunado a la pérdida del hábitat, la reciente intensificación del saqueo de especies y su tráfico ilegal para venta como mascotas ha afectado, desde tiempo atrás, a las poblaciones naturales, aunque no se tiene estimado su impacto real en el estado (Fitzgerald *et al.* 2004).

A finales del siglo pasado se identificó una nueva amenaza a la que se enfrentan los anfibios: la quitridiomicosis, una enfermedad mortal y de rápida propagación provocada por un hongo acuático que impide el transporte de electrolitos a través de la piel, lo que provoca un desequilibrio de éstos en la sangre y, posteriormente, una muerte por paro cardiaco.

Este padecimiento se ha identificado en los tres órdenes de anfibios, por lo que se considera la principal amenaza para estos organismos (Collins y Storfer 2003). En México se han identificado poblaciones aisladas infectadas con el hongo (Frías *et al.* 2008). No obstante, existen pocos estudios al respecto. Aunque en el estado se desconoce la presencia de esta enfermedad, es un peligro latente para los anfibios, en especial cuando las especies introducidas pueden portar y diseminar enfermedades en poblaciones de especies nativas.

Se estima que en este siglo la temperatura ambiental aumentará de 2 a 4 °C (Parry *et al.* 2007). Esto tendrá un efecto particularmente negativo en organismos como los anfibios, ya que su actividad está limitada por las temperaturas ambientales (Wake y Vredenburg 2008). En Coahuila se prevé que dentro de las próximas décadas las temperaturas aumenten y las lluvias disminuyan (PROFAUNA 2010), lo cual podría modificar los patrones de actividad y distribución de algunos anfibios.

La contaminación por químicos es otro factor que pone en riesgo a este grupo de vertebrados. Aunque en la actualidad el uso de herbicidas y pesticidas, como el DDT, está prohibido, se continúa con la utilización de productos químicos y contaminantes que, al concentrarse en suelos y lagunas, quedan expuestos a los anfibios que habitan en ellas. Se sabe que en las primeras etapas de vida de estos organismos, la exposición a estos productos resulta en malformaciones que pueden provocarles la muerte (Ford y Finch 1999).

Oportunidades de conservación

La ecología de las especies de anfibios que habitan en el estado ha sido escasamente estudiada. En la actualidad no se conocen interacciones ecológicas con otras especies y grupos de organismos. Más importante aún, se desconoce el estado de las poblaciones, es decir, no se cuenta con información sobre cuántas se tienen, en dónde, ni en qué condiciones están.

La generación de este tipo de información ayudaría a implementar programas de conservación y manejo de ecosistemas con un enfoque integral que considere el aprovechamiento sustentable de las especies. Asimismo, ya que los anfibios son considerados especies indicadoras de la calidad del ambiente debido a su vulnerabilidad a la sequía y a los contaminantes, y su dieta basada en insectos e invertebrados los hace potencialmente útiles para el control de plagas (Duellman y Trueb 1986).

Conclusión

Aunque la diversidad de anfibios en Coahuila no es muy grande, su riqueza es significativa para un estado con alta variabilidad topográfica y ambiental. Su conocimiento y uso resulta relevante

debido a que son un componente importante de la biodiversidad del estado, al incluir especies del Desierto Chuihuahuense y del bosque templado de la Sierra Madre Oriental.

Se considera necesaria su inclusión en cualquier esquema de desarrollo o conservación, ya que pueden fungir como una importante herramienta indicadora de integridad ecológica y como un grupo biológico con uso potencial para el impulso de diversas actividades productivas de la sociedad.

Referencias

AmphibiaWeb. 2018. Information on amphibian biology and conservation. En: <*http://amphibiaweb.org/search/index.html*>, última consulta: 22 de enero de 2018.

Busio, P. 2013. Encargada de difusión del Museo Regional de La Laguna. Comunicación personal, abril de 2013.

Dayton, G.H. y L.A. Fitzgerald. 2006. Habitat suitability models for desert amphibians. *Biological conservation* 132:40-49.

Duellman, W.E. y L. Trueb. 1986. *Biology of amphibians*. McGraw-Hill, EUA.

Frías, A.P., T.V. Vance, L.M. Familiar *et al*. 2004. Chytridiomycosis survey in wild and captive mexican amphibians. *EcoHealth* 5:18-56.

Fitzgerald, L.A., C.W. Painter, A. Reuter y C. Hoover. 2004. *Collection, trade, and regulation of reptiles and amphibians of the Chihuahuan Desert ecoregion*. Traffic North America/World Wildlife Fund (WWF), Washington.

Financiera rural. 2009. Dirección general adjunta de planeación estratégica y análisis sectorial. Bovino y sus derivados. En: <*http://www.gbcbiotech.com/bovinos/industria/Bovino%20y%20sus%20derivados%20Financiera%20Rural%202012.pdf*>, última consulta: 3 de abril de 2014.

Ford, P.L. y D.M. Finch. 1999. Amphibians and land use in the Chihuahuan Desert border region. En: *Cuarto simposio en recursos de la región del Desierto Chihuahuense*. J.C. Barlow y D.J. Miller (eds.). Chihuahuan Desert Research Institute (CDRI), Texas, pp. 69-82.

Collins, J.P. y A. Storfer. 2003. Global amphibian declines: sorting the hypotheses. *Diversity and Distribution* 9:89-98.

INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2012. Anuario de estadísticas por entidad federativa 2012. México. En: <*http://www3.inegi.org.mx/sistemas/componentes/previsualizador/vista.aspx?arch=/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/integracion/pais/aepef/2012/Aepef2012.pdf&tipo=1*>, última consulta: 3 de abril de 2014.

——. 2014. Clima, Coahuila de Zaragoza. En: <*http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/coah/territorio/clima.aspx?tema=me&e=05*>, última consulta: 4 de abril de 2014.

UICN. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. En: <*https://www.iucn.org/es/acerca-de-la-uicn*>, última consulta: 22 de abril de 2013.

Lemos-Espinal, J.A. y H. Smith. 2007. *Anfibios y reptiles del estado de Coahuila*, México. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)/CONABIO, México.

Parry, M.L., O.F. Canziani, J.P. Palutikof *et al*. 2007. *Climate change 2007: impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Reino Unido.

PROFAUNA. Protección de la Fauna Mexicana. 2010. Escenarios de clima en Coahuila para este siglo por regiones: componentes de vulnerabilidad y amenazas. En: Plan Estatal de Cambio Climático para Coahuila de Zaragoza. En: <*https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/164919/2013_peacc_coah.pdf*>, última consulta: 3 de marzo de 2014.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2000. Ley General de Vida Silvestre. Publicada el 3 de julio de 2000 en el DOF. Última reforma publicada el 19 de diciembre de 2016.

——. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el DOF. Texto vigente.

Sewell, D. y R.A. Griffiths. 1999. Can a single amphibian species be a good biodiversity indicator? *Diversity* 1:102-117.

Stuart, S., J.S. Chanson, N.A. Cox *et al*. 2004. Status and trends of amphibian declines and extinctions worldwide. *Science* 306:1783-1786.

Villarreal, J.A., R.J. Valdés y R.J.L. Villaseñor. 1996. Corología de las asteráceas de Coahuila. *Acta Botanica Mexicana* 36:29-42.

Wake, D.B. y V.T. Vredenburg. 2008. Are we in the midst of the sixth mass extinction? A view from the world of amphibians. *PNAS* 105:11466-11473.

Distribución y riqueza de anfibios

Julio Alberto Lemos Espinal, Guillermo Alfonso Woolrich Piña y Luis Oliver López

Introducción

Coahuila se caracteriza por una accidentada topografía que, en su mayor parte, queda incluida en la región del Desierto Chihuahuense, por lo que en el territorio estatal dominan condiciones ambientales áridas-semiáridas (Berlandier y Chovell 1850). No obstante, el estado también cuenta con densos bosques de encino y pino que se desarrollan en las partes altas de las montañas que se esparcen sobre el noroeste, sureste y sur en las subprovincias fisiográficas Serranía del Burro, Sierras y Llanuras Coahuilenses y Gran Sierra Plegada.

Cuenta, además, con dos extensos bolsones pertenecientes a la subprovincia Llanuras y Sierras Volcánicas, que queda totalmente incluida en el territorio estatal, y a parte Del Bolsón de Mapimí, que ocupa una porción importante del oeste central del estado. Adicionalmente, los ríos Bravo, Sabinas, Aguanaval y Nazas proporcionan extensos ambientes acuáticos que representan oasis adecuados para ser aprovechados por una gran cantidad de especies de flora y fauna silvestres (Lemos-Espinal y Smith 2007).

Esta diversidad de condiciones ambientales se traduce en una heterogeneidad espacial igualmente rica, que propicia el desarrollo de poblaciones únicas de vida silvestre (véase Distribución, riqueza y endemismos de lacertilios, en esta misma obra). Sin embargo, el conocimiento de la fauna de anfibios de Coahuila es muy pobre; ninguna otra clase de vertebrados terrestres ha sido tan poco estudiada en la entidad como este grupo.

El número de especies que reportan diferentes autores está basado en gran parte en información anecdótica sobre los hallazgos de anfibios, documentada a través de proyectos relacionados a otros grupos biológicos, sin estar dirigidos específicamente a este segmento de vertebrados (Garza-Tobón y Lemos Espinal 2013).

Riqueza de especies y distribución

En la actualidad se reconoce la presencia de 24 especies de anfibios en Coahuila (cuadro 1, apéndice 24), incluidos en dos órdenes (Anura y Caudata), nueve familias y 16 géneros. A grandes rasgos, estas especies pueden dividirse en

Lemos-Espinal, J.A., G.A. Woolrich-Piña y L. Oliver-López. 2018. Distribución y riqueza de anfibios. En: *La biodiversidad en Coahuila. Estudio de Estado*, vol. II. CONABIO/Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza, México, pp. 329-333.

dos grupos: 1) aquellas que tienen una distribución muy limitada en el estado o que han sido registradas en sólo algunas localidades aisladas, sin que esto signifique que están limitadas a estas regiones (cuadro 2); y 2) aquellas que tienen una distribución amplia sobre el territorio estatal (cuadro 3).

En el primer grupo hay 13 especies, nueve de las cuales han sido registradas en sólo una localidad y las cuatro restantes tienen una distribución muy limitada en el estado (cuadro 2). Estas especies, pobremente conocidas en Coahuila, representan más de la mitad (54%) de la fauna estatal de anfibios, por lo que es importante

Cuadro 1. Especies de anfibios registradas en Coahuila.

Orden	Familias	Géneros	Especies
Caudata	Ambystomatidae	*Ambystoma*	*A. mavortium*
	Plethodontidae	*Chiropterotriton*	*C. priscus*
		Aquiloeurycea	*A. galeanae*
			A. scandens
Anura	Bufonidae	*Anaxyrus*	*A. cognatus*
			A. debilis
			A. punctatus
			A. speciosus
			A. woodhousii
		Incilius	*I. nebulifer*
		Rhinella	*R. horribilis*
	Craugastoridae	*Craugastor*	*C. augusti*
	Eleutherodactylidae	*Eleutherodactylus*	*E. guttilatus*
			E. longipes
			E. marnockii
	Hylidae	*Acris*	*A. crepitans*
		Rheohyla	*R. miotympanum*
		Hyla	*H. arenicolor*
		Smilisca	*S. baudinii*
	Microhylidae	*Gastrophryne*	*G. olivacea*
	Ranidae	*Rana*	*R. berlandieri*
			R. catesbeiana
	Scaphiopodidae	*Scaphiopus*	*S. couchi*
		Spea	*S. multiplicata*

Fuente: Lemos-Espinal y Smith 2007.

Cuadro 2. Especies con distribución limitada.

Nombre común	Nombre científico	Localidad	Subprovincia fisiográfica
Rana grillo	*Acris crepitans*	Río Sabinas, en el norte central del estado, municipio de Sabinas	Serranía del Burro
Ajolote	*Ambystoma mavortium*	Saltillo y General Cepeda, municipio de Saltillo	Pliegues Saltillo-Parras
Salamandra	*Chiropterotriton priscus*	Extremo sureste en la Sierra Madre Oriental de Coahuila, municipio de Arteaga	Gran Sierra Plegada
Rana ladradora	*Craugastor augusti*	Bolsón de Cuatro Ciénegas, municipio de Cuatro Ciénegas	Sierras y Llanuras Coahuilenses
Rana	*Eleutherodactylus guttilatus*	Saltillo, municipio de Saltillo	Pliegues Saltillo-Parras
Rana	*E. longipes*	San Antonio de las Alazanas, municipio de Arteaga	Gran Sierra Plegada
Rana	*E. marnockii*	Las Delicias, municipio de San Pedro	Sierra de la Paila
Rana	*Rheohyla miotympanum*	San Antonio de las Alazanas, municipio de Arteaga	Gran Sierra Plegada
Rana	*Rana catesbeiana*	Rancho La Burra, municipio de Guerrero	Serranía del Burro
Salamandra	*Aquiloeurycea galeanae*	Oeste de la Sierra Madre Oriental, municipio de Parras	Laguna de Mayrán
Salamandra	*Aquiloeurycea scandens*	San Antonio de las Alazanas, municipio de Arteaga	Gran Sierra Plegada
Sapo	*Rhinella horribilis*	Cuatro Ciénegas de Carranza, municipio de Cuatro Ciénegas	Sierras y Llanuras Coahuilenses
Rana	*Smilisca baudinii*	Saltillo, municipio de Saltillo	Pliegues Saltillo-Parras

Fuente: Kellogg 1932, Smith y Taylor 1945, Zweifel 1956, Shaffer y McKnight 1996, Webb 2004, Lemos-Espinal y Smith 2009, Garza-Tobón y Lemos-Espinal 2013a, b.

ahondar en estudios sobre su ecología, distribución y abundancia (McCoy 1984).

El segundo grupo está conformado en su mayoría por 11 especies de anuros característicos del Desierto Chihuahuense (Lemos-Espinal y Smith 2015; cuadro 3). Aunque tienen distribución amplia, algunas han sido registradas únicamente en ciertas porciones de Coahuila. Este es el caso del sapo de espuelas (*Anaxyrus cognatus*), que sólo se ha registrado al oeste y al sur del estado; sapo de Woodhouse (*A. woodhousii*), que se ha registrado en los extremos noroeste, cerca del río Bravo, y suroeste; y la ranita de las rocas (*Hyla arenicolor*), que presenta poblaciones en el noroeste estatal, en los municipios de Acuña, Ocampo y San Buenaventura.

Las ocho especies restantes de este segundo grupo, sapo verde (*Anaxyrus debilis*), sapo de puntos rojos (*A. punctatus*), sapo texano (*A. speciosus*), sapo nebuloso (*Incilius nebulifer*), ranita olivo (*Gastrophryne olivacea*), rana leopardo del río Bravo (*Rana berlandieri*), sapo cavador (*Scaphiopus couchii*) y sapo de espuelas mexicano (*Spea multiplicata*), se distribuyen prácticamente sobre todo el territorio estatal.

Endemismos

Únicamente cinco de las 24 especies son endémicas de México, éstas son: tres salamandras (*Chiropterotriton priscus, Aquiloeurycea galeanae*

Cuadro 3. Especies con distribución amplia en el estado.

Nombre común	Nombre científico	Localidad
Sapo de espuelas	*Anaxyrus cognatus*	Municipios del oeste y sur
Sapo verde	*A. debilis*	Municipios del sur, este y oeste
Sapo de puntos rojos	*A. punctatus*	En todos los municipios, excepto Acuña, Zaragoza, Torreón, Viesca, Matamoros, Saltillo, Ramos Arizpe y Arteaga
Sapo texano	*A. speciosus*	Municipios del centro y este
Sapo de Woodhouse	*A. woodhousii*	Municipios de Ocampo y Matamoros
Ranita olivo	*Gastrophryne olivacea*	En todos los municipios
Ranita de las rocas	*Hyla arenicolor*	Municipios de Acuña, Ocampo y San Buenaventura
Sapo nebuloso	*Incilius nebulifer*	Municipios del centro y noreste
Rana leopardo del río Bravo	*Rana berlandieri*	En todos los municipios, excepto Acuña, Hidalgo y Guerrero
Sapo cavador	*Scaphiopus couchii*	En todos los municipios, excepto los fronterizos
Sapo de espuelas mexicano	*Spea multiplicata*	Municipios del sureste, Sabinas, San Pedro y Francisco I. Madero

Fuente: Lemos-Espinal y Smith 2007.

y *A. scandens*) y dos ranas (*Eleutherodactylus longipes* y *Rheohyla miotympanum*; Lynch 1963, 1970). Las 24 especies, excepto *E. guttilatus*, están presentes en la Sierra Madre Oriental, y aunque ninguna de ellas es endémica de Coahuila, *C. priscus* y *A. galeanae* tienen una distribución que se limita al este, en la porción adyacente con Nuevo León, en las subprovincias Sierras Transversales y Sierras y Llanuras Coahuilenses.

De las 19 especies restantes, tres se distribuyen ampliamente a través de poblaciones aisladas y sobre ambas costas desde Sonora, en el oeste, y desde el sureste de Estados Unidos, en el este, hasta Sudamérica (*Rhinella horribilis* y *Smilisca baudinii*), o sobre ambas sierras (Occidental y Oriental) desde el sur de Estados Unidos hasta el sur de México, en el estado de Oaxaca (*Craugastor augusti*).

Otra especie (*Hyla arenicolor*) es típica de los bosques templados del centro y suroeste de Norteamérica y de los bosques tropicales caducifolios y templados de la Sierra Madre Occidental y la Faja Volcánica Transmexicana del centro del país. La población de Coahuila parece ser parte de la propia población aislada que habita el Parque Nacional Big Bend de Texas (Lemos-Espinal y Smith 2015).

Conclusión

Como se mencionó anteriormente, la fauna de anfibios del estado está pobremente estudiada, por lo que es necesario promover investigaciones sistemáticas en regiones con pocos o nulos estudios, ya que este desconocimiento es un impedimento para el desarrollo de los planes de conservación sobre los recursos naturales de Coahuila. A través de la generación de este tipo de información será posible proponer programas de conservación sustentados en la distribución y riqueza de este importante grupo de vertebrados terrestres.

Referencias

Berlandier, J.L. y R. Chovell. 1850. *Diario de viaje de la comisión de límites*. Tipografía J.N. Navarro, México.

Garza-Tobón, D. y J.A. Lemos-Espinal. 2013a. Geographic distribution: *Ecnomiohyla miotympanum*. Coahuila. *Herpetological Review* 44(1):103.

——. 2013b. Geographic distribution: *Lithobates catesbeianus*. *Herpetological Review* 44:104.

Kellogg, R. 1932. Mexican tailless amphibians in the United States National Museum. *Bulletin United States Natural Museum* 160:1-224.

Lemos-Espinal, J.A. y H.M. Smith. 2007. *Anfibios y reptiles del estado de Coahuila, México*. CONABIO, México.

——. 2009. *Claves para los anfibios y reptiles de Sonora, Chihuahua y Coahuila, México*. CONABIO, México.

——. 2015. Herpetofauna of Coahuila. En: Amphibians and Reptiles from the US/Mexico border. J.A. Lemos-Espinal (ed.). Texas A&M University Press, EUA.

Lynch, J.D. 1963. The status of *Eleutherodactylus longipes* (Baird) of Mexico (Amphibia: Leptodactylidae). *Copeia* 1963:580-581.

——. 1970. A taxonomic revision of the leptodactylid frog genus *Syrrhophus* Cope. *University of Kansas Museum of Natural History, Miscellaneous Publication* 20:1-45.

McCoy, C.J. 1984. Ecological and zoogeographic relationships of amphibians and reptiles of the Cuatro Cienegas basin. *Journal of Arizona-Nevada Academy Science* 19:49-59.

Shaffer, H.B. y M.L. McKnight. 1996. The polytypic species revisited: genetic differentiation and molecular phylogenetics of the tiger salamander *Ambystoma tigrinum* (Amphibia: Caudata) complex. *Evolution* 50:417-433.

Smith, H.M. y E.H. Taylor. 1945. An annotated checklist and key to the snakes of Mexico. *Bulletin of United States Natural Museum* 187:1-239.

Webb, R.G. 2004. Observations on tiger salamanders (*Ambystoma tigrinum* complex, family Ambystomatidae) in Mexico with description of a new species. *Bulletin Maryland Herpetolological Society* 40:122-143.

Zweifel, R.G. 1956. A survey of the frogs of the *augusti* group genus *Eleutherodactylus*. *American Museum Novitates* 1813:1-35.

Reptiles

Miriam Alejandra Cueto Mares, José Gamaliel Castañeda Gaytán, Sara Isabel Valenzuela Ceballos, Héctor Gadsden Esparza, Luis Oliver López, David Lazcano Villarreal, Julio Alberto Lemos Espinal y Guillermo Alfonso Woolrich Piña

Descripción

Los reptiles constituyen un grupo de vertebrados que surgió a finales del periodo Carbonífero, y tuvieron una radiación adaptativa durante el Jurásico y Cretácico (entre los 207 y 65 millones de años; Vitt y Caldwell 2008). Se diferencian de otros vertebrados por poseer una piel cubierta de escamas, lo que puede presentar caparazones, como es el caso de las tortugas, y cuatro extremidades o ninguna, como las serpientes. Su tamaño es variable, pues en algunos saurios va de unos centímetros hasta tallas mayores a los 5 m (cocodrilos y serpientes).

Requieren de calor externo para mantener su temperatura corporal dentro de estrechos rangos de funcionamiento, razón por la que se les conoce como organismos ectotermos (Vitt y Caldwell 2008, Sinervo *et al.* 2010). Están presentes en todos los continentes, a excepción de la Antártida, aunque la mayoría de las especies se distribuyen en los trópicos; habitan una gran variedad de ambientes, encontrándose especies de hábitos marinos, estuarinos, dulceacuícolas, terrestres y arborícolas (Vitt y Caldwell 2008).

Se clasifican en cuatro órdenes: Testudines (tortugas), Crocodylia (cocodrilos), Squamata (serpientes y saurios –lagartijas, iguanas, camaleones–) y Sphenodontia (tuátaras). Este último sólo está presente en Nueva Zelanda. En México se encuentran representantes de tres órdenes de reptiles (Testudines, Crocodylia y Squamata) y en Coahuila habita un importante número de especies; muchas de éstas son endémicas (Mendoza-Quijano *et al.* 2006, Lemos-Espinal y Hobart 2007).

Diversidad

México es un país megadiverso por albergar al menos 10% de la biodiversidad mundial, además de presentar una gran variedad paisajística que hospeda una alta cantidad de especies endémicas (Gómez-Pompa y Dirzo 1995). En cuanto a reptiles, México es el segundo país con mayor diversidad de especies, con aproximadamente 8.72% de las conocidas en el mundo.

Un recuento de la herpetofauna descrita para México evidenció la presencia de 1 234 *taxa* reconocidos (864 especies y más de 300 subespecies; Liner 2007, Flores-Villela y García-Vázquez 2013) de las 10 639 especies descritas en el mundo.

Cueto-Mares, M.A., G. Castañeda-Gaytán, S.I. Valenzuela-Ceballos, H. Gadsden, L. Oliver-López, D. Lazcano, J.A. Lemos-Espinal y G.A. Woolrich-Piña. 2018. Reptiles. En: *La biodiversidad en Coahuila. Estudio de Estado*, vol. II. CONABIO/Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza, México, pp. 335-343.

Coahuila presenta una alta diversidad del grupo con 122 especies y dos infraespecies, distribuidas en 18 familias y 48 géneros (apéndice 25), lo que representa aproximadamente 9.82% de los reptiles presentes en el territorio nacional (figura 1) y 68.9% de la herpetofauna descrita para la ecorregión Desierto Chihuahuense, que cuenta con al menos 177 tipos de reptiles (Fitzgerald *et al.* 2004).

Los grupos mayormente representados son los de las serpientes y los saurios, ambos con 56 especies (cada grupo representa 45.9%), y las tortugas con 11 (9%; apéndice 25). Se reportan 494 especies endémicas para el país (Flores-Villela y García-Vázquez 2013), de las cuales 30 están presentes en Coahuila (6.2% de endemismos nacionales) y nueve de ellas son endémicas del estado (apéndice 25).

Distribución

En el estado se han identificado tres regiones fisiográficas: Sierras y Llanuras del Norte, Sierra Madre Oriental y Gran Llanura Norteamericana, de las cuales se identifican 10 subprovincias (spp e inegi 1983). De estas subprovincias, la mayor riqueza de reptiles se ha registrado en Sierras y Llanuras Coahuilenses (63.6%). Le siguen en riqueza de reptiles las subprovincias de Llanuras de Coahuila y Nuevo León (44.6%) y Serranía del Burro (38.8%). Mientras que Laguna de Mayrán es la subprovincia con menor número de especies avistadas (20.6%; figuras 2 y 3).

Importancia ecológica, económica y cultural

Los reptiles cumplen funciones importantes en el ecosistema, por lo que su presencia es fundamental para controlar poblaciones de roedores, insectos, invertebrados y plantas. Aunado a ello, sus usos económicos son múltiples, pues se reporta que los reptiles en el Desierto Chihuahuense tienen valor como mascotas, alimento y en la medicina tradicional (Cupúl-Magaña 2003, Fitzgerald *et al.* 2004). Además, se sabe de la importancia médica de muchos reptiles; actualmente se realizan investigaciones sobre la fisiología de éstos y su aplicación en la salud humana (Wu *et al.* 2013).

En cuanto a la importancia cultural del grupo, se tiene registro que las comunidades nómadas (cazadores y recolectores) del desierto norte de México usaban algunas especies de reptiles como alimento y se conocen algunos vestigios de la utilización de éstos en artículos ornamentales, como collares (Busio 2004).

La población actual, pese a tener una visión de miedo y repulsión hacia ciertos grupos de serpientes, y al creer que todas éstas son venenosas, aún acostumbra su uso como alimento bajo la percepción de que la carne seca de las serpientes de cascabel ayuda a contrarrestar problemas de piel, riñón y otras enfermedades (Fitzgerald *et al.* 2004).

Situación y estado de conservación

Coahuila alberga 10.98% del total de la herpetofauna enlistada en la nom-059-semarnat-2010. De las 122 especies de reptiles en el estado, 48 (39.34%) se encuentran en alguna categoría de protección según la norma oficial mexicana (semarnat 2010). Tres especies (2.45%) se encuentran enlistadas en peligro de extinción. Entre ellas se pueden mencionar a las lagartijas *Uma exsul* (figura 1h), endémica del estado y del país, y a *U. paraphygas,* endémica de México.

Bajo la categoría de amenazada se reportan 27 especies (22.13%). Destacan el lagarto escorpión (*Gerrhonotus lugoi*) y la tortuga de bisagra de Cuatro Ciénegas (*Terrapene coahuila*; figura 1), ambas especies endémicas de México y del estado; y 18 están identificadas como sujetas a

protección especial (14.75%), entre las que destacan la lagartija leopardo (*Gambelia wislizenii*; figura 1c) y la lagartija escamosa maculada (*Sceloporus maculosus*).

En la Lista Roja de la uicn se tienen reportadas, en la categoría de vulnerable y en peligro, 12 especies de reptiles distribuidos en Coahuila (apéndice 25), de las cuales seis están en la categoría de vulnerable: lagartijas *Crotaphytus reticulatus, Sceloporus maculosus* y *S. oberon;* serpiente *Storeria hidalgoensis* y tortugas *Trachemys gaigeae* y *Gopherus flavomarginatus*.

Las otras seis se encuentran en la categoría de peligro de extinción: lagartijas *Crotaphytus antiquus, Sceloporus cyanostictus, S. goldmani* y *Uma exsul* y tortugas *Terrapene coahuila* y *Trachemys taylori*, mientras que para la especie de tortuga *Kinosternon durangoense* los datos se muestran como insuficientes para realizar el diagnóstico (uicn 2014).

En el estado hay ocho áreas protegidas que albergan casi a todos los ecosistemas representados en la entidad y protegen una amplia diversidad de flora y fauna. No obstante, debido a la intrincada distribución de los reptiles y la singularidad (por requerimientos de hábitat y distribución restringida) de las especies, aún existen algunas que se ubican fuera o al margen de las áreas bajo protección.

Tal es el caso de la lagartija venerable de collar (*Crotaphytus antiquus*; figura 4), distribuida en las sierras de Texas, Solís y San Lorenzo, al suroeste del estado, para la cual se ha subestimado su inclusión en algún estatus de protección regido en las normas nacionales a pesar de encontrarse en peligro de extinción, según la uicn (Hammerson *et al.* 2007). *Crotaphytus antiquus* es el único saurio que puede mencionarse como omisión de conservación, al tratarse de una especie endémica para el estado y cuya distribución no está en alguna área protegida.

Por otra parte, la riqueza de este singular grupo de vertebrados hacen del Desierto Chihuahuense, y en particular de Coahuila, un sitio de gran importancia para México y Norteamérica (Barrows *et al.* 2013), no sólo en cuanto a reptiles prehistóricos, sino también a reptiles vivientes, puesto que en ocasiones éstos han evolucionado de manera particular; tal es el caso de la lagartija de las dunas *Uma exsul*, la cual presenta adaptaciones específicas para el desierto (Gadsden-Esparza *et al.* 2001, Gadsden *et al.* 2006).

Amenazas

Se ha registrado la desaparición de especies de reptiles o al menos la disminución en el número poblacional a causa de la pérdida, fragmentación y reducción del hábitat por presión del ser humano (Gadsden *et al.* 2001). Debido al aumento en las prácticas agrícolas y ganaderas en el estado, la amenaza contra los reptiles se vuelve prioritaria de atender.

Lamentablemente en Coahuila se tiene la experiencia de una subespecie perdida debido al mal manejo de recursos hídricos por parte de las autoridades y la sociedad: la tortuga del fango (*Kinosternon hirtipes megacephalum*), que años atrás habitaba en el municipio de Viesca. La subespecie eventualmente perdió terreno y ya se encuentra extinta (Van Dijk *et al.* 2007).

Algunas especies de reptiles, como la lagartija de las dunas y otros miembros del género *Sceloporus* conocidos como lagartija común, que habitan cerca de poblaciones humanas o de áreas de cultivo, son regularmente eliminadas por desconocimiento de su importancia ecológica o por creencias populares que las asocian como altamente peligrosas, aunque en realidad no lo sean (Nóbrega *et al.* 2012).

La extracción sin regulación de reptiles para consumo y venta como productos milagrosos

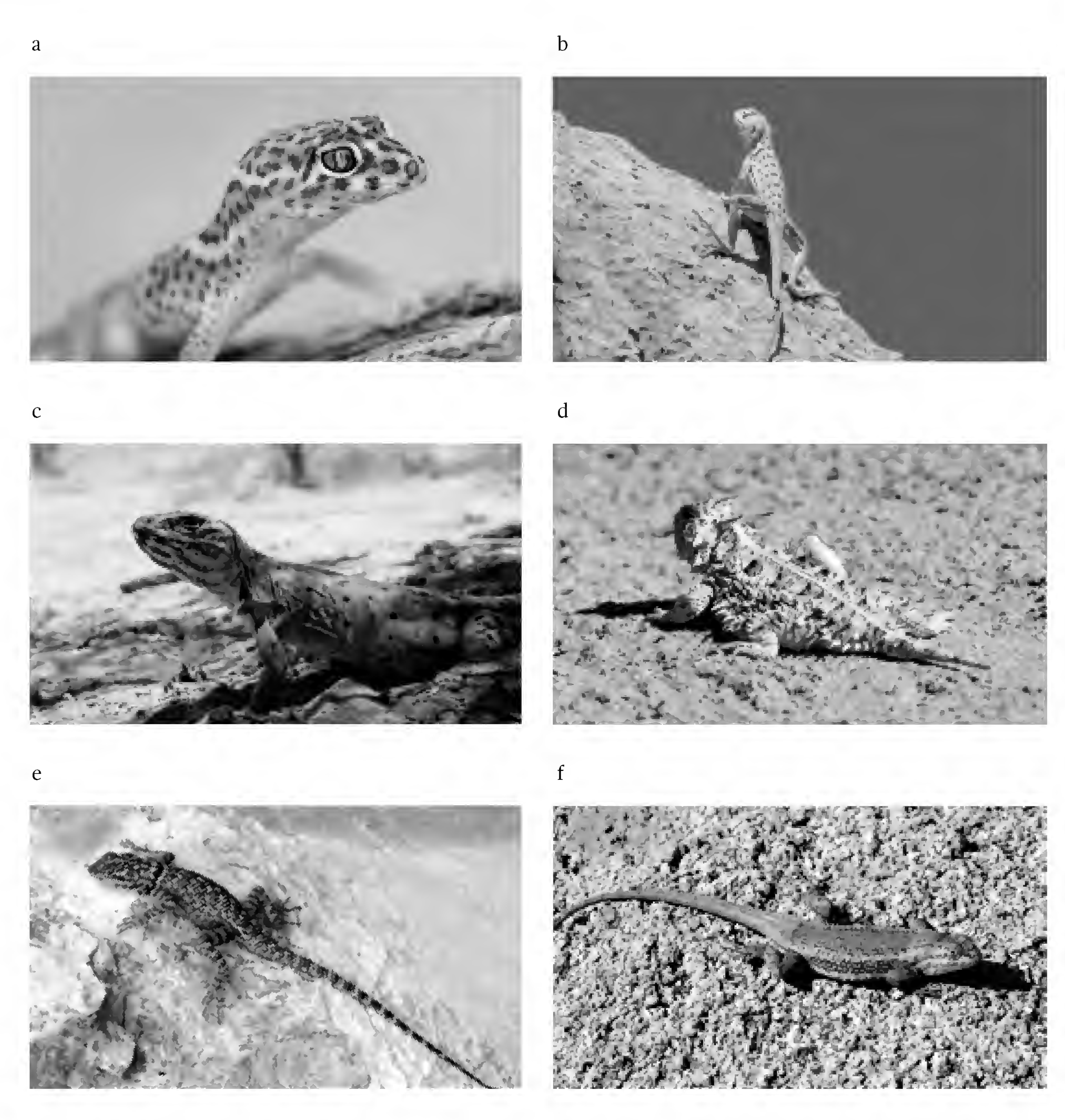
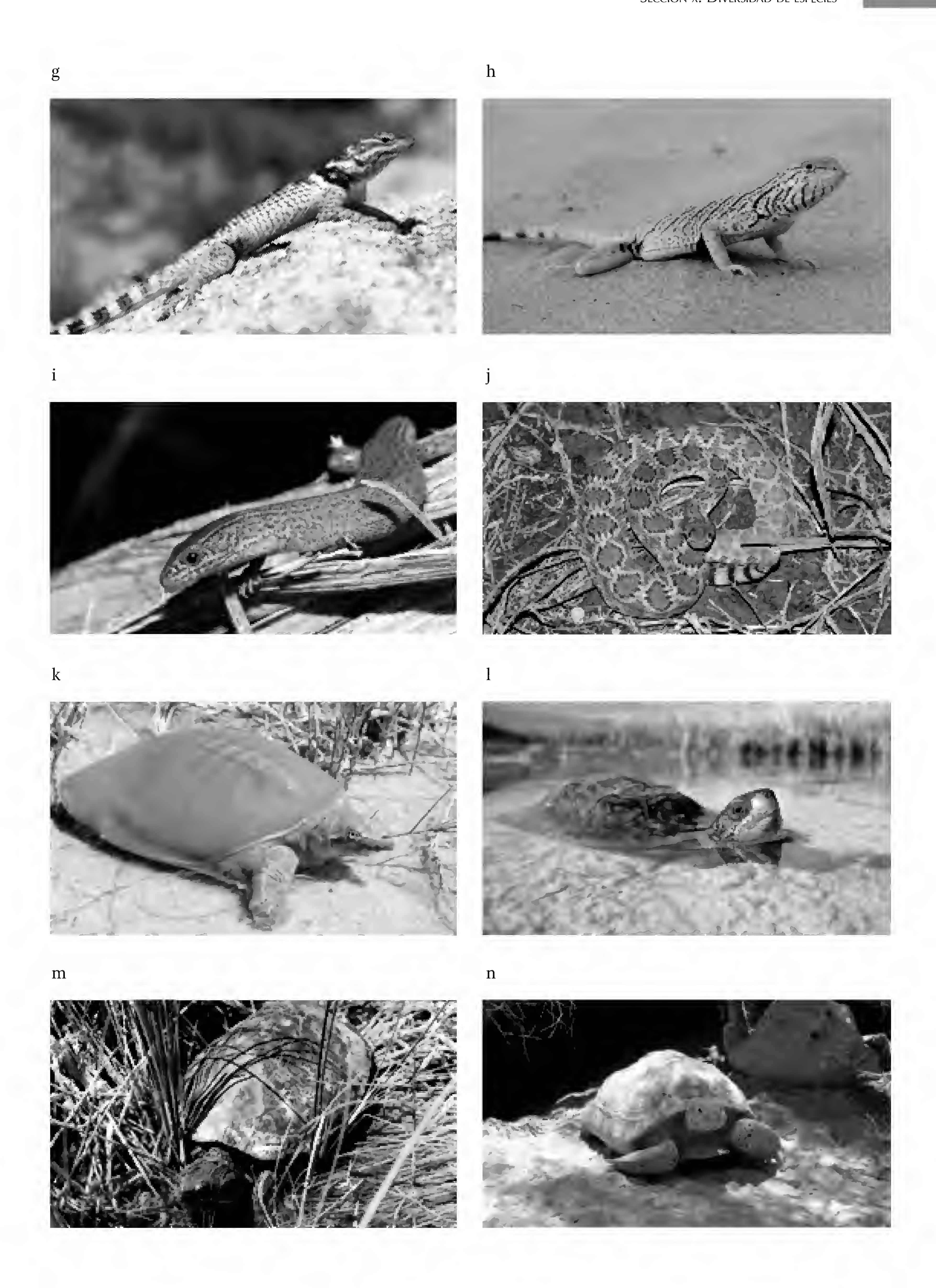


Figura 1. Ejemplos de reptiles presentes en el estado: a) gecko bandeado (*Coleonyx brevis*); b) lagartija venerable de collar (*Crotaphytus antiquus*); c) lagartija leopardo (*Gambelia wislizenii*); d) lagarto cornudo (*Phrynosoma cornutum*); e) lagartija espinosa de la laguna (*Sceloporus gadsdeni*); f) lagartija de las cercas (*Sceloporus edbelli*); g) lagartija espinosa de las grietas (*Sceloporus poinsetti*); h) lagartija de arena de Coahuila (*Uma exsul*); i) lagartija nocturna de Durango (*Xantusia extorris*); j) víbora de cascabel (*Crotalus atrox*); k) tortuga negra de concha blanda de Cuatro Ciénegas (*Apalone spinifera* subsp. *atra*);[1] l) tortuga de bisagra de Cuatro Ciénegas (*Terrapene coahuila*); m) tortuga de orejas rojas (*Trachemys taylori*); n) tortuga del Bolsón de Mapimí (*Gopherus flavomarginatus*). Fotos: a-m: Gamaliel Castañeda-Gaytán; n: César Quezada.

[1] Esta subespecie se reporta como endémica de Cuatro Ciénegas y se encuentra enlistada en la NOM-059, en la categoría de peligro de extinción. No se incluye en apéndices.


g
h
i
j
k
l
m
n

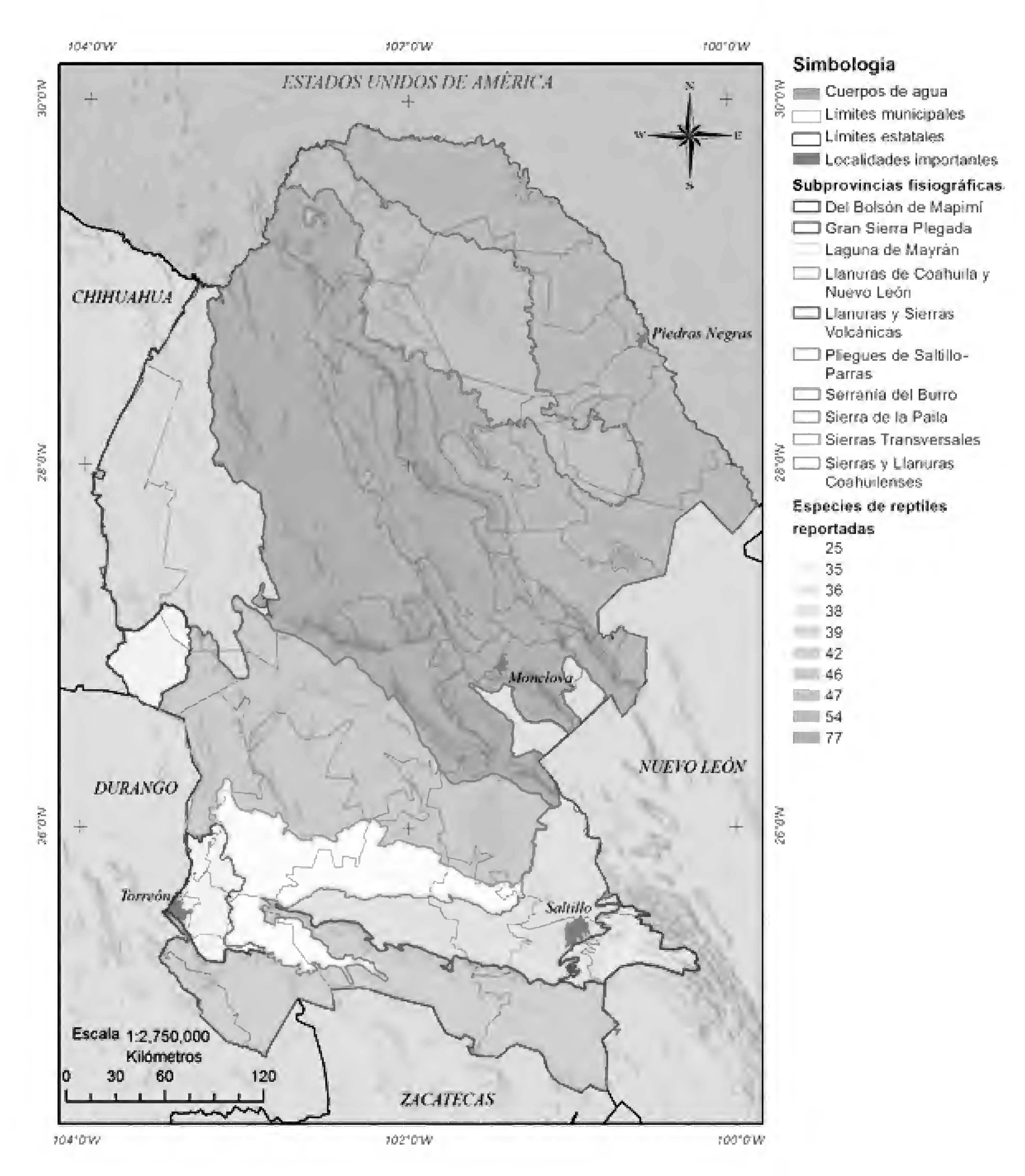


Figura 2. Mapa de la riqueza de especies por subprovincia fisiográfica. Se muestra el número de especies por subprovincia. Fuente: elaboración propia.

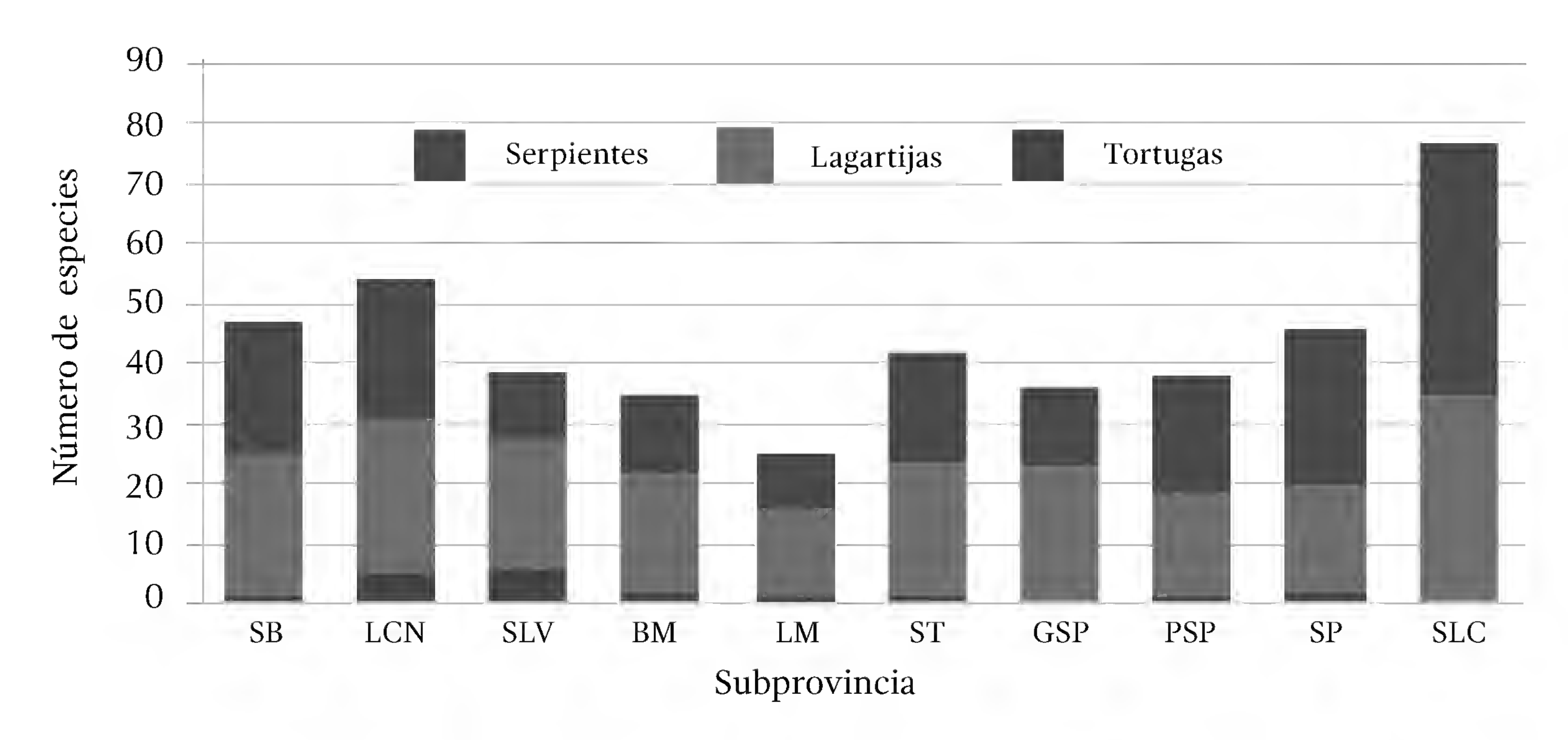


Figura 3. Riqueza de especies de tortugas, lagartijas y serpientes por subprovincia en el estado. SB: Serranía del Burro; LCN: Llanuras de Coahuila y Nuevo León; SLV: Sierras y Llanuras Volcánicas; BM: Del Bolsón de Mapimí; LM: Laguna de Mayrán; ST: Sierras Transversales; GSP: Gran Sierra Plegada; PSP: Pliegues de Saltillo-Parras; SP: Sierra de la Paila y; SLC: Sierras y Llanuras Coahuilenses. Fuente: elaboración propia.

contra enfermedades y males comunes es también una fuerte amenaza. A pesar de estar en la NOM-059-SEMARNAT-2010, numerosas especies de reptiles del Desierto Chihuahuense son extraídas de su hábitat y vendidas dentro y fuera del país como mascotas, o para la utilización de sus pieles en la creación de prendas y accesorios (Fitzgerald *et al.* 2004).

Por otra parte, y debido a la limitada posibilidad de migrar a zonas con mejores condiciones, los reptiles son especialmente vulnerables frente a cambios severos en su ambiente (Whitfield *et al.* 2000), por lo que se estima que el incremento en la temperatura ambiental, ocasionado por el calentamiento global, limitará la actividad de los reptiles, al grado de poner en riesgo a las propias especies, sobre todo a aquellas que habitan en zonas de desierto (Sinervo *et al.* 2010).

Acciones de conservación

Las estrategias de conservación que favorecen a este grupo de vertebrados radican en tres acciones prioritarias:

1) Difundir las bondades o beneficios que pueden brindar a la sociedad por su uso



Figura 4. Lagartija venerable de collar (*Crotaphytus antiquus*). Foto: Gamaliel Castañeda-Gaytán 2012.

como fuente de alimento, de sustancias químicas aplicadas en la medicina y su valoración por carisma. Además de concebir una visión sobre la importancia que tienen los reptiles por su aporte a la sociedad, esto puede contribuir a generar una imagen positiva que permita reducir su extracción o temor y, con ello, fomentar su valoración.

2) Difundir y promover el conocimiento de este grupo de vertebrados como elementos distintivos y característicos del Desierto Chihuahuense y de Coahuila, lo que podría generar orgullo entre los coahuilenses, como representantes de un estado que alberga especies de gran significado ecológico y evolutivo a nivel nacional e internacional.
3) Promover estrategias de desarrollo que permitan mantener la estructura y composición de los ecosistemas del estado: bosque, acuático o semi-desierto (aunque en apariencia este último se encuentre desprovisto de vegetación). Estas prácticas pueden contribuir al mantenimiento de comunidades estables de reptiles, pues son organismos que debido a su tamaño no son tan conspicuos en el entorno, pero que están presentes aun cuando no sean observados.

Para promover su conservación, además de la existencia de áreas de protección, se han propuesto regiones terrestres prioritarias enfocadas en la conservación de los reptiles, las cuales en un futuro podrán complementar el sistema de áreas naturales protegidas (ANP) para Coahuila y el Desierto Chihuahuense (Pronatura Noreste *et al.* 2004).

Conclusión

Pese a que Coahuila cuenta con un número importante de especies de reptiles, aún existen subprovincias que no han sido estudiadas a profundidad. Es de vital importancia resaltar que la gestión e investigación (en todos los sentidos) en las ANP presentes en el estado no deben descuidarse, pues esto representaría una seria amenaza para numerosas especies de reptiles con problemas de extinción, como es el caso de las tortugas de Cuatro Ciénegas, las serpientes y tortugas de Mapimí, y los lacertilios de la Comarca Lagunera.

Por tal motivo, inconsistencias en la atención o falta de apoyo gubernamental (tanto por inversión como por politizar la gestión para su conservación) pueden representar un freno a las estrategias de conservación planteadas durante años para mitigar el perjuicio de las especies y los ecosistemas. En este contexto es crucial incentivar la investigación de los reptiles en la entidad, mejorar los listados de especies realizados con antelación y actualizarlos acorde a la taxonomía más reciente, sin dejar a un lado la promoción de su conocimiento como elementos vulnerables característicos del norte de México.

Referencias

Barrows, C.W., H. Gadsden-Esparza, M. Fisher *et al.* 2013. Patterns of lizard species richness within national parks and biosphere reserves across North America´s deserts. *Journal of Arid Environments* 95:41-48.

Busio, P. 2004. Encargada de difusión en el Museo Regional de La Laguna. Comunicación personal.

Cupúl-Magaña, F. 2003. Cocodrilo: medicina para el alma y el cuerpo. *Revista Biomed* 14:45-48.

Fitzgerald, L.A., C.W. Painter, A. Reuter y C. Hoover. 2004. *Collection, trade, and regulation of reptiles and amphibians of the Chihuahuan Desert ecoregion*. TRAFFIC North America/WWF, Washington.

Flores-Villela, O. y U. García-Vázquez. 2013. Biodiversidad de reptiles en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85:467-475.

Gadsden, H., H. López-Corrujedo, J.L. Estrada-Rodríguez y U. Romero-Méndez. 2001. Biología poblacional de la lagartija de arena *Uma exsul* (Sauria: Phynosomatidae): impicaciones para su conservación. *Boletín de la Sociedad Herpetológica Mexicana* 9(2):51-56.

Gadsden, H., J.L. Estrada-Rodríguez y S.V. Leyva-Pacheco. 2006. Checklist of amphibians and reptiles of the "Comarca Lagunera" in Durango-Coahuila, Mexico. *Bulletin of the Chicago Herpetological Society* 41:2-9.

Gómez-Pompa, A. y R. Dirzo. 1995. *Las reservas de la biosfera y otras áreas naturales protegidas de México*. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP)/CONABIO, México.

Hammerson, G.A., J. Vázquez-Díaz, H. Gadsden-Esparza *et al*. 2007. *Crotaphytus antiquus*. Lista Roja de especies amenazadas. Versión 2011.1. UICN. En: <*http://www.iucn.org/*>, última consulta: abril de 2013.

Lemos-Espinal, J.A. y S. Hobart. 2007. *Anfibios y reptiles del estado de Coahuila*. CONABIO/UNAM, México.

Liner, E.A. 2007. *A checklist of the amphibians and reptiles of Mexico*. The Occasional Papers of the Louisiana State University (LSU) Museum of Natural Science, EUA.

Mendoza-Quijano, F., A.E.A. González-Alonso, E.A. Liner y R.W. Bryson Jr. 2006. Una sinopsis de la herpetofauna de Coahuila. En: *Inventarios herpetofaunísticos de México: avances en el conocimiento de su biodiversidad*. A. Ramírez-Bautista, L. Canseco-Márquez y F. Mendoza-Quijano (eds.). Sociedad Herpetológica Mexicana (SHM)/Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), México, pp. 24-47.

Nóbrega-Alves, R.R., J.A. Pereira-Filho, K. Silva-Vieira *et al*. 2012. A zoological catalogue of hunted reptiles in the semiarid region of Brazil. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 2012 8:1-27.

Pronatura Noreste, TNC y WWF. Pronatura Noreste, The Nature Conservancy y World Wildlife Found. 2004. *Ecoregional conservation assessment of Chihuahuan Desert*. Pronatura Noreste/TNC/WWF, EUA.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el DOF. Texto vigente.

Sinervo, B., F. Méndez-De la Cruz, D.B. Miles *et al*. 2010. Erosion of lizard diversity by climate change and altered thermal niches. *Science* 328:894-899.

SPP e INEGI. Secretaría de Programación y Presupuesto, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 1983. *Síntesis geográfica de Coahuila*. Dirección General de Geografía, México.

Uetz, P. y J. Hošek (eds.). 2015. The reptile database. En: <*http://www.reptile-database.org/db-info/SpeciesStat.html*>, última consulta: 23 de febrero de 2015.

Uetz, P., P. Freed y J. Hošek (eds.). 2017. The Reptile Database. En: <*http://www.reptile-database.org*>, última consulta: 25 de enero de 2018.

UICN. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. 2014. Lista Roja de especies. En: <*http://www.iucn.org/*>, última consulta: marzo de 2015.

Van Dijk, P.P., G. Hammerson, J. Vázquez-Díaz *et al*. 2007. *Kinosternon hirtipes*. Lista Roja de especies amenazadas. Versión 2011.1. UICN. En: <*http://www.iucn.org/*>, última consulta: abril de 2013.

Vitt, L.J. y J.P. Caldwell. 2008. *Herpetology: an introductory biology of amphibians and reptiles*. 3ª edición. San Diego Academic Press, EUA.

Wu, P., W. Xiaoshan, J. Ting-xin *et al*. 2013. Specialized stem cell niche enables repetitive renewal of alligator teeth. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 110(22):E 2009-E-2018.

Distribución, riqueza y endemismos de lacertilios en el bolsón de Cuatro Ciénegas y en la Comarca Lagunera

Julio Alberto Lemos Espinal, Héctor Gadsden Esparza, Guillermo Alfonso Woolrich Piña, Luis Oliver López y José Gamaliel Castañeda Gaytán

Introducción

En Coahuila se reportan 56 especies de lagartijas pertenecientes a ocho familias y 17 géneros (apéndice 25). Esta diversidad tan particular es similar a la de los estados fronterizos como Baja California, Chihuahua y Tamaulipas, y es apenas menor a la de Sonora. El mismo patrón se registra en California, Arizona, Nuevo México y Texas, en Estados Unidos de América (cuadro 1).

De acuerdo con esto, la riqueza de lacertilios para las entidades de esta región es afín, especialmente si se toma en cuenta sólo a las especies continentales y se excluyen a las insulares (Grismer 2002).

Cuadro 1. Número de especies de lagartijas en el norte de México y sur de Estados Unidos de América.

Región	Entidad	Número de especies	Fuente
Norte de México	Sonora	69	Lemos-Espinal y Rorabaugh 2015
	Coahuila	56	Lemos-Espinal y Smith 2015a
	Baja California	52	Hollingsworth *et al.* 2015
	Chihuahua	51	Lemos-Espinal y Smith 2015b
	Tamaulipas	47	Farr 2015
	Nuevo León	42	Lemos-Espinal y Cruz 2015
Sur de Estados Unidos de América	Arizona	56	Brennan y Babb 2015
	Texas	51	Dixon 2015
	California	49	Hollingsworth y Mahrdt 2015
	Nuevo México	46	Painter y Stuart 2015

Fuente: elaboración propia.

Lemos-Espinal, J.A., H. Gadsden, G.A. Woolrich-Piña, L. Oliver-López y G. Castañeda-Gaytán. 2018. Distribución, riqueza y endemismos de lacertilios en el bolsón de Cuatro Ciénegas y en la Comarca Lagunera. En: *La biodiversidad en Coahuila. Estudio de Estado*, vol. II. CONABIO/Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza, México, pp. 345-348.

Distribución y endemismos

Coahuila cuenta con dos regiones en las que se observan barreras físicas bien definidas, cuya geomorfología ha influido en la distribución de las lagartijas. En el bolsón de Cuatro Ciénegas, que forma parte de las subprovincias de Sierras y Llanuras Coahuilenses y Llanuras y Sierras Volcánicas, habita el escorpión de Cuatro Ciénegas (*Gerrhonotus lugoi*), especie en categoría amenazada según la NOM-059-SEMARNAT-2010, y la lagartija scíncido (*Scincella kikaapoa*), la cual no se encuentra en la lista que la SEMARNAT elaboró sobre las especies en riesgo (García-Vazquez *et al.* 2010).

Hasta hace algunos años este bolsón formaba un drenaje cerrado limitado por las montañas que rodean al valle de Cuatro Ciénegas. No obstante, en décadas recientes esta cuenca se ha abierto paulatinamente y en la actualidad se encuentra unida a través de sistemas de irrigación al río Salado (Abell *et al.* 2000). Esta situación amenaza a las poblaciones de vida silvestre nativas de la región, entre ellas las especies endémicas, al favorecer, por ejemplo, fenómenos de introgresión de especies, como la *Apalone spinifera* (McGaugh 2012).

La otra región es el bolsón de la Comarca Lagunera, la cual se ubica en la subprovincia Sierras Transversales (Barrows *et al.* 2013). Aquí habitan las otras dos especies endémicas de Coahuila: la lagartija de collar (*Crotaphytus antiquus*) y la lagartija de los arenales (*Uma exsul*). En esta área los médanos de arena se formaron a partir de los depósitos lacustres en la cuenca cerrada del río Aguanaval y el río Nazas. A pesar de ello, las represas aguas arriba que desvían el flujo natural de estos torrentes para la agricultura, bloquean la entrada de sedimentos nuevos.

La disminución de los depósitos de arena fluvial ha fragmentado las poblaciones de *U. exsul* dentro de la cuenca. La distribución fragmentada y los impactos antropogénicos han aumentado la susceptibilidad de las poblaciones de esta lagartija, lo que provoca la extirpación de algunas poblaciones (Ballesteros-Barrera *et al.* 2007, Gadsden-Esparza 2013).

Por otro lado, este bolsón incluye varios relieves rocosos que están aislados y sobresalen a través de un "mar" de arena y sedimentos depositados en el fondo de las lagunas mencionadas anteriormente. El aislamiento de estos macizos montañosos es uno de los factores que han promovido la generación de nuevas especies (especiación) de lagartijas, como lo evidencian varias especies endémicas de esta área (Wiens *et al.* 1999).

No obstante el aislamiento insular en el que se encuentran estas especies con requerimientos restringidos de hábitat, el cambio climático global, las perturbaciones y la destrucción de su hábitat pueden ser devastadores (Ballesteros-Barrera *et al.* 2007, Sinervo *et al.* 2010, Gadsden-Esparza *et al.* 2012).

Además de la lagartija endémica *U. exsul* que está restringida a pequeños manchones de médanos, en la cuenca de la Comarca Lagunera habitan varias especies de lagartijas que viven entre rocas (saxícolas), entre ellas la *C. antiquus*, especie endémica de México, y la lagartija escamosa (*Sceloporus cyanostictus*), también endémica del país y que presenta la mayor parte de su distribución en los extremos suroeste y este de Coahuila (Wiens *et al.* 1999, Gadsden-Esparza *et al.* 2006).

Conclusión

A pesar de la relevancia ecológica y evolutiva de sus endemismos, en la Comarca Lagunera únicamente se ha contemplado a *U. exsul* como una "especie bandera" y ha recibido protección al estar en peligro de extinción, según la legislación mexicana (SEMARNAT 2010). Recientemente la UICN también categorizó a *S. cyanostictus* y

C. antiquus como especies en peligro de extinción (Hammerson *et al.* 2007, Vázquez-Díaz *et al.* 2007).

El elevado endemismo de especies de lagartijas en el bolsón de la Comarca Lagunera ha hecho posible considerar una estrategia de conservación holística que pudiera incluir un número potencialmente mayor de "especies bandera". Esto se haría con el propósito de extender la protección a los hábitats altamente amenazados (se incluyen ecosistemas de vegetación halofita, microfila, rosetofila y submontana) en esta cuenca y promover una biodiversidad que incluya otra clase de flora y fauna de esta región.

Referencias

Abell, R.A., D.M. Olson, E. Dinerstein *et al.* 2000. *Freshwater ecoregions of North America: a conservation assessment*. Island Press, EUA.

Barrows, C.W., H. Gadsden-Esparza, M. Fisher *et al.* 2013. Patterns of lizard species richness within national parks and biosphere reserves across North America's deserts. *Journal of Arid Environments* 95:41-48.

Ballesteros-Barrera, C., E. Martínez-Meyer y H. Gadsden-Esparza. 2007. Effects of land-cover transformation and climate change on the distribution of two microendemic lizards, genus *Uma*, of northern Mexico. *Journal of Herpetology* 41:733-740.

Brennan, T.C. y R.D. Babb. 2015. Herpetofauna of Arizona. En: *Amphibians and reptiles of the US-Mexico border states*. J.A. Lemos-Espinal (ed.). Texas A&M University Press, EUA, pp. 144-163.

Dixon, J.R. 2015. Herpetofauna of Texas. En: *Amphibians and reptiles of the US-Mexico border states*. J.A. Lemos-Espinal (ed.). Texas A&M University Press, EUA, pp. 181-195.

Farr, W. 2015. Herpetofauna de Tamaulipas. En: *Amphibians and reptiles of the US-Mexico border states*. J.A. Lemos-Espinal (ed.). Texas A&M University Press, EUA, pp. 101-121.

García-Vázquez, U.O., L. Canseco-Márquez y A. Nieto-Montes de Oca. 2010. A new species of *Scincella* (Squamata: Scincidae) from the Cuatro Cienegas basin, Coahuila, Mexico. *Copeia* (3):373-381.

Gadsden, H. 2013. Comunicación personal.

Gadsden, H., J.L. Estrada-Rodríguez y S.V. Leyva-Pacheco. 2006. Checklist of amphibian and reptiles of the Comarca Lagunera in Durango-Coahuila, Mexico. *Bulletin of the Chicago Herpetological Society* 41:2-9.

Gadsden, H., C. Ballesteros-Barrera, O. Hinojosa de la Garza *et al.* 2012. Effects of land-cover transformation and climate change on the distribution of two endemic lizards, *Crotaphytus antiquus* and *Sceloporus cyanostictus*, of northern Mexico. *Journal of Arid Environments* 83:1-9.

Grismer, L. 2002. *Amphibians and reptiles of Baja California: including its pacific islands and the island of the Sea of Cortes*. University of California Press, EUA.

Hammerson, G.A., J. Vázquez-Díaz, H. Gadsden-Esparza *et al.* 2007. *Crotaphytus antiquus*. Version 2013.2. UICN. En: <*http://www.iucnredlist.org/*>, última consulta: agosto de 2017.

Hollingsworth, B.D. y C.R. Mahrdt. 2015. Herpetofauna of California. En: *Amphibians and reptiles of the US-Mexico border states*. J.A. Lemos-Espinal (ed.). Texas A&M University Press, EUA, pp. 122-143.

Hollingsworth, B.D., C.R. Mahrdt, L.L. Grismer y R.E. Lovich. 2015. Herpetofauna de Baja California. En: *Amphibians and reptiles of the US-Mexico border states*. J.A. Lemos-Espinal (ed.). Texas A&M University Press, EUA, pp. 15-33.

Lemos-Espinal, J.A. y A. Cruz. 2015. Herpetofauna de Nuevo Leon. En: *Amphibians and reptiles of the US-Mexico border states*. J.A. Lemos-Espinal (ed.). Texas A&M University Press, EUA, pp. 294-313.

Lemos-Espinal, J.A. y J.C. Rorabaugh. 2015. Herpetofauna de Sonora. En: *Amphibians and reptiles of the US-Mexico border states*. J.A. Lemos-Espinal (ed.). Texas A&M University Press, EUA, pp. 241-259.

Lemos-Espinal, J.A. y H.M. Smith. 2015a. Herpetofauna de Coahuila. En: *Amphibians and reptiles of the US-Mexico border states*. J.A. Lemos-Espinal (ed.). Texas A&M University Press, EUA, pp. 276-293.

——. 2015b. Herpetofauna de Chihuahua. En: *Amphibians and reptiles of the US-Mexico border states*. J.A. Lemos-Espinal (ed.). Texas A&M University Press, EUA, pp. 260-275.

McGaugh, S.E. 2012. Comparative population genetics of aquatic turtles in the desert. *Conservation Genetics* 13:1561-1576.

Painter, C.W. y J.N. Stuart. 2015. Herpetofauna of New Mexico. En: *Amphibians and reptiles of the US-Mexico border states*. J.A. Lemos-Espinal (ed.). Texas A&M University Press, EUA, pp. 164-180.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el DOF. Texto vigente.

Sinervo B., F. Méndez-De la Cruz, D.B. Miles *et al.* 2010. Erosion of lizard diversity by climate change and altered thermal niches. *Science* 328:894-899.

Vázquez Díaz J., H. Gadsden-Esparza, G.E. Quintero Díaz *et al.* 2007. *Sceloporus cyanostictus*. IUCN Red list of threatened species. Version 2013.2. UICN. En: <*http://www.iucnredlist.org/*>, última consulta: agosto de 2017.

Wiens, J.J., T.W. Reeder y A. Nieto Montes de Oca. 1999. Molecular phylogenetics and evolution of sexual dichromatism among populations of the Yarrow´spiny lizard (*Sceloporus jarrovii*). *Evolution* 53:1884-1897.

Las tortugas de distribución puntual

Miriam Alejandra Cueto Mares, José Gamaliel Castañeda Gaytán, Sara Isabel Valenzuela Ceballos, Arturo Carrillo Reyes y Tamara Mila Rioja Paradela

Descripción y diversidad

Las tortugas son reptiles y entre sus características más distintivas está la presencia de caparazón y su alta longevidad.[1] Este grupo comenzó su diversificación[2] hace 200 millones de años (en el periodo Triásico) y las especies actuales surgieron hace 145 millones (periodo Cretácico; Márquez 1996).

En la actualidad se conocen 332 especies de tortugas en el mundo, con un total de 121 subespecies reconocidas y distribuidas en hábitats marinos, dulceacuícolas y terrestres. México ocupa el segundo lugar en riqueza de estos reptiles con 48 especies, o 64 si se consideran las subespecies, lo que representa 14.45% de las tortugas del mundo (Van Dijk *et al.* 2012, Flores-Villela y García-Vázquez 2013).

Coahuila cuenta con 11 especies de tortugas (apéndice 25), lo que corresponde al 22.91% del total de tortugas que habitan el territorio nacional, mismas que se distribuyen en cuatro familias y seis géneros (cuadro 1). Se reportan subespecies para *Kinosternon hirtipes*, *Apalone spinifera* y *Trachemys gaigeae*.

Del total de taxones de tortugas en el estado, seis (54.54%) son endémicas[3] del país, dos se comparten con Durango y cuatro (36.36%) se presentan únicamente en Coahuila. La distribución de dichas especies dentro de la entidad es especial, debido a que sólo se encuentran en sitios específicos, lo que se conoce como endemismo puntal o microendemismo.

En el estado existen zonas con estos microendemismos, una de ellas es Cuatro Ciénegas, ubicada en la subprovincia Sierras y Llanuras Coahuilenses (Ippi y Flores 2001), en la que se reportan tres especies endémicas: tortuga de concha blanda negra de Cuatro Ciénegas (*Apalone spinifera* subsp. *atra*),[4] tortuga de orejas rojas (*Trachemys taylori*) y tortuga de bisagra (*Terrapene coahuila*, figura 1a).

[1] Es un término que refiere a la duración de vida de un organismo.

[2] Se refiere a la aparición de nuevas especies a partir de algunas ya existentes.

[3] Se refiere a especies que se encuentran distribuidas en ambientes muy específicos.

[4] Esta subespecie se reporta endémica a Cuatro Ciénegas y se encuentra enlistada en la NOM-059 en la categoría de peligro de extinción. No se incluye en apéndices.

Cueto-Mares, M.A., G. Castañeda-Gaytán, S.I. Valenzuela-Ceballos, A. Carrillo-Reyes y T.M. Rioja-Paradela. 2018. Las tortugas de distribución puntual. En: *La biodiversidad en Coahuila. Estudio de Estado*, vol. II. CONABIO/Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza, México, pp. 349-353.

Cuadro 1. Listado de las especies y subespecies de tortugas presentes y extintas* en Coahuila.

Familia	Género	Especie	Subespecie
Trionychidae	*Apalone*	*spinifera*	*atra*
Testudinidae	*Gopherus*	*berlandieri*	–
	G.	*flavomarginatus*	–
Kinosternidae	*Kinosternon*	*durangoense*	–
	K.	*flavescens*	–
	K.	*hirtipes*	*megacephalum**
	K.	*hirtipes*	*murrayi* (en revisión)
Emydidae	*Pseudemys*	*gorzugi*	–
	Terrapene	*coahuila*	–
	Trachemys	*gaigeae*	*gaigeae*
	T.	*gaigeae*	*hartwegii*
	T.	*scripta*	–
	T.	*taylori*	–

Las subespecies aquí presentadas no se reportan en el apéndice de reptiles.
Fuente: elaboración propia.

Estas tres especies están altamente adaptadas a los cuerpos de agua del lugar. No obstante, resulta lamentable que este recurso haya comenzado a escasear porque la desaparición de las pozas ocasionaría la pérdida de las tres especies referidas.

Además, existen otras dos zonas de endemismos en el estado. La primera es compartida con Durango, dentro de la subprovincia Del Bolsón de Mapimí, donde cohabitan dos especies endémicas altamente adaptadas a su entorno, como la tortuga de fango de Durango (*Kinosternon durangoense*) y la tortuga del Bolsón de Mapimí (*Gopherus flavomarginatus*, figura 1b), endémica de México.

Por desgracia, la presión humana en este sitio ha tenido consecuencias negativas sobre sus poblaciones, ya que actividades como el sobrepastoreo e incluso el saqueo de individuos para mantenerlos como mascota o alimento, han provocado la disminución de sus poblaciones al grado de colocarlas en riesgo de desaparecer (cuadro 2).

La otra zona importante del estado por la presencia de tortugas endémicas fue el municipio de Viesca, dentro de la subprovincia Laguna de Mayrán, en donde habitaba una subespecie de la tortuga de fango *Kinosternon hirtipes megacephalum* (figura 1c; Iverson 1981), la cual se declaró extinta (Joseph-Ouni 2003, Reyes-Velasco *et al.* 2013). Ésta fue la primera extinción documentada nacionalmente sobre una tortuga y de la cual sólo queda una fotografía como registro de su existencia.

Importancia

Aunque en ocasiones no se sabe, o ni siquiera se imagina, las tortugas cumplen con una fun-

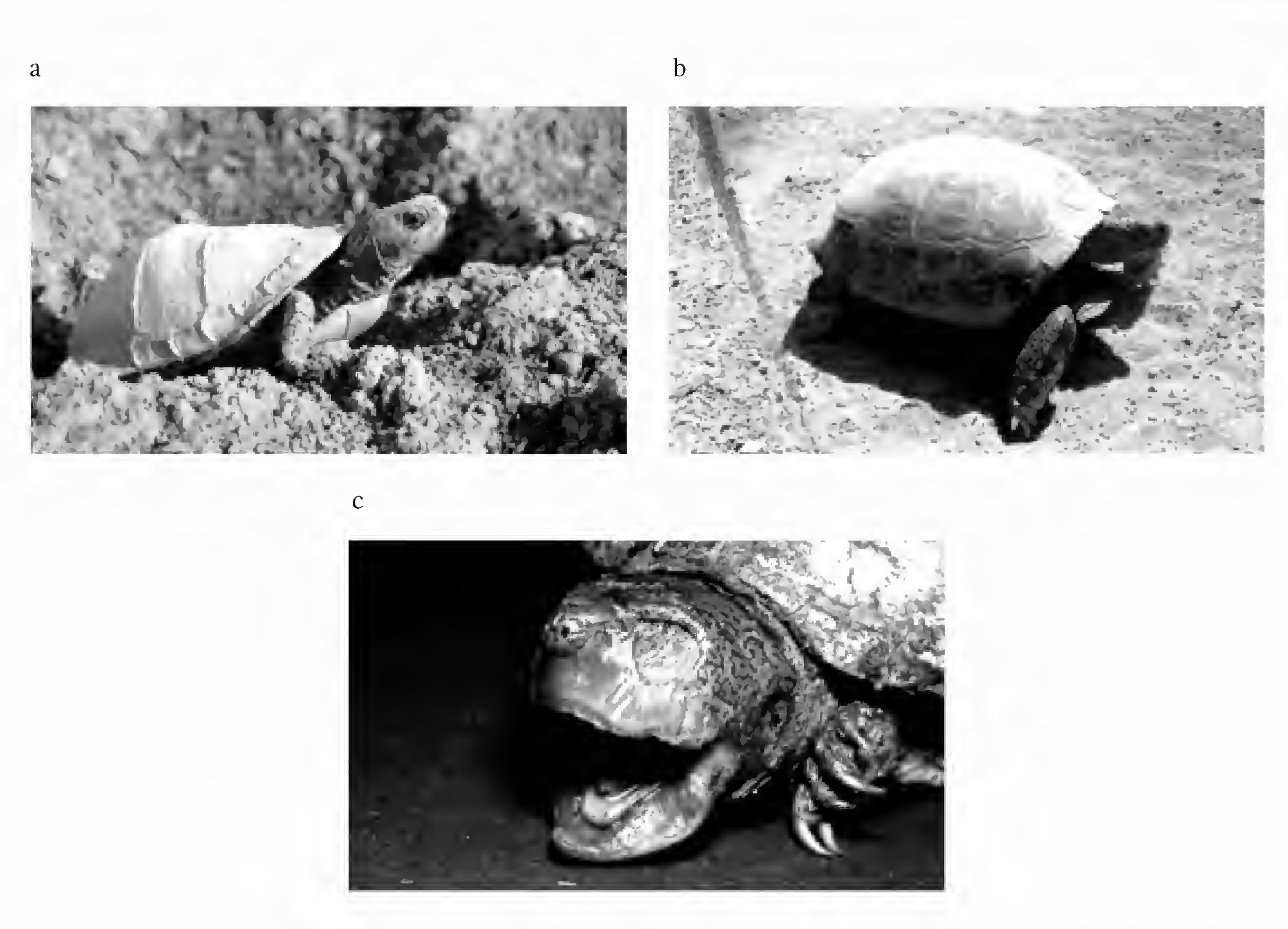


Figura 1. Especies endémicas de Coahuila: a) tortuga de bisagra de Cuatro Ciénegas (*Terrapene coahuila*); b) tortuga del Bolsón de Mapimí (*Gopherus flavomarginatus*); c) tortuga de fango (*Kinosternon hirtipes megacephalum*, considerada extinta). Fotos: a) Sara Valenzuela, b) César Quezada, c) John Iverson.

Cuadro 2. Tortugas microendémicas de Coahuila protegidas bajo leyes nacionales e internacionales.

Nombre común	Nombre científico	Endemismo	NOM-059	UICN
Tortuga de concha blanda de Cuatro Ciénegas	*Apalone spinifera atra*	México y Coahuila	Peligro de extinción	Preocupación menor
Tortuga del desierto	*Gopherus flavomarginatus*	México	Peligro de extinción	Vulnerable
Tortuga de fango de Durango	*Kinosternon durangoense*	México	–	Datos deficientes
Tortuga de fango	*K. hirtipes megacephalum*	México	Protección especial	Extinta
Tortuga de bisagra	*Terrapene coahuila*	México y Coahuila	Amenazada	Peligro de extinción
Tortuga de orejas rojas	*Trachemys taylori*	México y Coahuila	–	Peligro de extinción

Fuente: SEMARNAT 2010, UICN 2011.

ción dentro del ecosistema. Debido a sus hábitos alimentarios, son las encargadas de mantener controladas las poblaciones de peces, insectos, moluscos y plantas, e indirectamente se encargan de dispersar las semillas de las plantas que consumen (Brown 1974, Beauregard *et al.* 2010).

A su vez, estos organismos son alimento para otros vertebrados, como mamíferos, aves e incluso reptiles (Restrepo *et al.* 2007). No obstante, se cuenta con pocos datos del estado actual de conservación de las poblaciones y aún existe un rezago informativo respecto al comportamiento de las mismas en su área de distribución, por lo que es necesario realizar más estudios para entender su relación con el ambiente y su utilidad para el ser humano.

Además de los beneficios ambientales, a las tortugas se les considera organismos emblemáticos, ya que por su carisma se les adopta como "especies banderas" para la conservación de algunas regiones. Tal es el caso de la tortuga de bisagra de Cuatro Ciénegas (*Terrapene coahuila*, figura 1a) y la tortuga del Bolsón de Mapimí (*Gopherus flavomarginatus*, figura 1b).

Los monitoreos continuos y los esfuerzos por preservar estas especies han promovido y reglamentado la utilización de algunos recursos dentro de las áreas, para conservar tanto a la especie como al ecosistema en general. Las dos especies, junto con otras cinco que se distribuyen en el estado (apéndice 25), se encuentran dentro de alguna categoría de riesgo en la NOM-059 (cuadro 2).

Tal condición se debe principalmente a la acción del ser humano (extracción de agua, entubamiento, saqueo de animales, etc.) o al cambio climático (calentamiento, sequias, etc.) que ponen en riesgo la subsistencia de dichas especies (Gibbons 1987, Gibbons *et al.* 2000, Fitzgerald *et al.* 2004).

Cabe destacar que no todas las especies de distribución puntual aparecen bajo algún estatus de protección en la normatividad mexicana (cuadro 2), debido probablemente a la falta de estudios ecológicos que demuestren la vulnerabilidad de dichas especies, como es el caso de la tortuga de orejas rojas (*Trachemys taylori*) y la tortuga de fango de Durango (*Kinosternon durangoense*).

Conclusión

Las acciones de conservación de las especies de tortugas deben incluir a la investigación y la evaluación del estado actual de las poblaciones existentes, sobre todo de las que poseen una distribución puntual o algún estatus en la normatividad mexicana.

Además, se debe considerar la concientización de los pobladores aledaños a la distribución de las tortugas para incluirlos en los planes y acciones de conservación, no únicamente de estos organismos, sino de todo el entorno. La inclusión de las personas en el cuidado del hábitat, así como su participación activa durante los monitoreos poblacionales de tortugas, en la erradicación de especies exóticas y en el freno del comercio ilegal de fauna, es vital para la conservación de las tortugas de Coahuila.

De 2011 a 2015 se llevaron a cabo monitoreos anuales a través del Programa de Monitoreo Biológico en Áreas Naturales Protegidas (PROMOBI), apoyado por la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), de la tortuga de bisagra de Cuatro Ciénegas y de la tortuga del Bolsón de Mapimí; en ellos se tomaron datos de los individuos para conocer la población y el estado actual de conservación. No obstante, estas acciones deberían extenderse en el tiempo y sobre todo a otras especies de tortugas que cohabitan esas ANP y de las cuáles se tiene escaso conocimiento, pese a su importancia ecológica y distribución puntual.

Referencias

Beauregard, G., C. Zenteno, R. Torres y E. Guzmán. 2010. Las tortugas de agua dulce: patrimonio zoológico y cultural de Tabasco. *Kuxulkab* 31:05-20.

Brown, W. 1974. Ecology of the aquatic box turtle *Terrapene coahuila* (Chelonia, Emydidae) in northern Mexico. *Bulletin of Florida State Museum Biological Sciences* 19:1-67.

Fitzgerald, L.A., C.W. Painter, A. Reuter y C. Hoover. 2004. *Collection, trade and regulation of reptiles and amphibians of the Chihuahuan Desert ecoregion.* TRAFFIC North America/WWF, Washington.

Flores-Villela, O. y U. García-Vázquez. 2013. Biodiversidad de reptiles en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85:467-475.

Gibbons, J.W. 1987. Why do turtles live so long? *BioScience* 37:262-269.

Gibbons, J.W, D.E Schott, T.J. Ryan *et al.* 2000. The global decline of reptiles, déjà vu amphibians. *BioScience* 50:653-666.

Iverson, J.B. 1981. Biosystematics of the *Kinosternon hirtipes* species group (Testudines: Kinosternidae). *Tulane Studies in Zoology and Botany New Orleans* 23:1-74.

Ippi, S. y V. Flores. 2001 Las tortugas neotropicales y sus áreas de endemismo. *Acta Zoológica Mexicana (Nueva Serie)* 84:49-63.

Joseph-Ouni, M. 2003. Profiles of extinction #3: Viesca mud turtle-*Kinosternon megacephalum*. *Reptilia* (GB) (29):3.

Márquez, R. 1996. *Las tortugas marinas y nuestro tiempo*. Impresora y Encuadernadora Progreso, México.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el DOF. Texto vigente.

Reyes-Velasco, J., J.B. Iverson y O. Flores-Villela. 2013. The conservation status of several endemic mexicans kinosternid turtles. *Chelonian Conservation and Biology* 12:203-208.

Van Dijk, P.P., J.B. Iverson, H.B. Shaffer *et al.* 2012. Turtles of the world. Update: annotated checklist of taxonomy, synonymy, distribution and conservation status. En: *Conservation biology of freshwater turtles and tortoises: a compilation project of the UICN/SSC tortoise and freshwater turtle specialist group*. A.G.J. Rhodin, P.C.H. Pritchard, P.P. Van Dijk *et al.* (eds.). *Chelonian Research Monographs* (5):111.243-000.328.

UICN. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. 2011. Lista Roja de la UICN. En: <*http://www.iucnredlist.org/*>, última consulta: 11 de agosto de 2011.

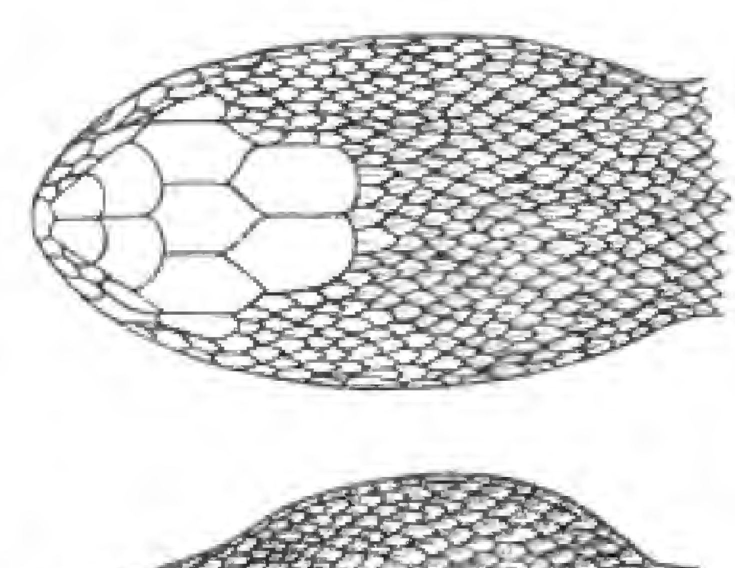
La importancia de las serpientes de cascabel. ¿Por qué protegerlas?

Juan Miguel Borja Jiménez y Juan José Castañeda Gaytán

Introducción

Las serpientes de cascabel se agrupan en dos géneros: *Crotalus* y *Sistrurus*. Ambos difieren en la morfología de las escamas que cubren la parte superior de la cabeza (figura 1). En las serpientes del primer género, esta zona se encuentra cubierta por escamas pequeñas, mientras que en las del segundo el área contiene nueve escamas grandes (Wozniak *et al.* 2006).

Además de su característico cascabel (compuesto de botones de queratina), ubicado en la zona distal de la cola, estas serpientes comparten algunas estructuras morfológicas, como lo son: un par de fosetas loreales (estructuras especializadas que albergan receptores infrarrojos de calor) localizadas a ambos lados de la cabeza, entre el ojo y el orificio nasal; una cabeza triangular y pupilas elípticas (Campbell y Lamar 2004).



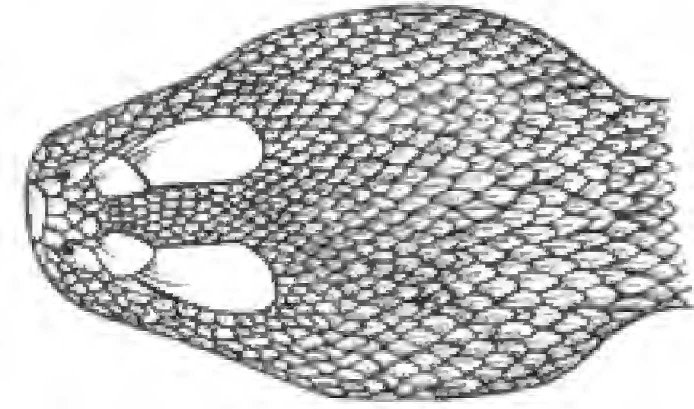


Figura 1. Diferencias entre las escamas superiores de la cabeza de las serpientes de cascabel del género *Sistrurus* (arriba) y *Crotalus* (abajo). Fuente: Fernando Hernández, adaptado del Florida Museum of Natural History.

Diversidad y conocimiento

En México se encuentran 34 especies de serpientes de cascabel, lo que representa 92% del total de especies reconocidas en el mundo, de las cuales 33 pertenecen al género *Crotalus* y una al género *Sistrurus* (Flores-Villela 1993, Grismer 2002,

Borja-Jiménez, M. y J.J. Castañeda-Gaytán. 2018. La importancia de las serpientes de cascabel. ¿Por qué protegerlas? En: *La biodiversidad en Coahuila. Estudio de Estado*, vol. II. CONABIO/Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza, México, pp. 355-359.

Alvarado-Díaz y Campbell 2004, Campbell y Lamar 2004, Flores-Villela y Canseco-Márquez 2004, Campbell y Flores-Villela 2008).

En las diferentes regiones de Coahuila se reportan siete especies de serpientes del género *Crotalus* (cuadro 1, figura 2) y una del género *Sistrurus* (*S. catenatus*; Campbell y Lamar 2004, Lemos-Espinal y Smith 2007, Ernst y Ernst 2011).

Aunque la mayoría de las personas lo desconocen, las serpientes de cascabel son organismos importantes para el ser humano, desde el punto de vista ecológico, económico y social. Por un lado, junto con algunos otros depredadores, estas serpientes basan la mayor parte de su dieta en mamíferos, como la rata algodonera (*Sigmodon hispidus*), el topillo (*Microtus* sp.), el ratón ciervo (*Peromyscus* sp.) y la rata negra (*Rattus rattus*,[1] especie exótica) (Ernst y Ernst 2011), los cuales son considerados como plaga de los principales cultivos de Coahuila: trigo, sorgo, melón y manzana (Del Villar-González 2000).

Además, estos reptiles forman parte de la dieta de otros animales presentes en la entidad, como algunas culebras de los géneros *Lampropeltis* (culebra real), *Masticophis* o *Coluber* (culebra chirrionera) *y Pituophis* (culebra sorda); algunas aves de los géneros *Bubo* (búho cornudo), *Buteo* (aguililla) y *Geococcyx* (correcaminos); y mamíferos de los géneros *Canis* (coyote), *Linx* (gato montés) y *Mephitis* (zorrillo) (Ernst y Ernst 2011).

El veneno de las serpientes de cascabel contiene una rica fuente de moléculas bioactivas (principalmente proteínas) que pueden ser aprovechadas para la producción de fármacos utilizados en el diagnóstico y tratamiento de distintas enfermedades, como la hipertensión, la trombosis y el cáncer (Braud *et al.* 2000, Pérez *et al.* 2001, Neville y Vaughan 2005, Koh y Kini 2012).

[1] Para Coahuila, esta especie se reporta como exótica; no se incluye en apéndices.

Comúnmente, estas serpientes son temidas debido a la toxicidad de su veneno. No obstante, los casos de envenenamiento por estos reptiles en Coahuila son relativamente raros en comparación con otros estados de la república mexicana. Las entidades con mayor incidencia de mordeduras de serpiente, del 2003 al 2007, fueron Hidalgo, Oaxaca, Puebla, San Luis Potosí y Veracruz (Siria y Arellano 2009).

La percepción errónea que tienen las personas sobre estos organismos es comúnmente influenciada por los mitos y estereotipos que se han generado desde la antigüedad. Debido a ello, muchas serpientes, incluso las no venenosas, mueren cada año a manos de la gente que les teme, incluso, aunque no se presente una posibilidad real de agresión por parte del reptil.

Además, factores como el crecimiento de la mancha urbana, el aumento del uso del suelo para la agricultura, los incendios forestales y la cacería furtiva (para su venta como animales exóticos o remedios caseros) probablemente están reduciendo las poblaciones de serpientes de cascabel en Coahuila, aunque en el estado no existen registros del tamaño de las poblaciones de estos organismos.

Estatus de conservación

La NOM-059-SEMARNAT-2010 incluye seis serpientes de cascabel encontradas en Coahuila, las cuales están en la categoría de protección especial (apéndice 25). Esto es, especies que podrían llegar a ser amenazadas por factores que inciden negativamente en su permanencia, por lo que se ha determinado la necesidad de propiciar la recuperación y conservación de poblaciones de especies asociadas. Por otro lado, la Lista Roja de la UICN (2013) ubica a siete de las especies en el estatus de preocupación menor.

Cuadro 1. Distribución de las especies de cascabel en las subprovincias fisiográficas de Coahuila.

Especies	Subprovincias fisiográficas
Crotalus atrox	Del Bolsón de Mapimí Laguna de Mayrán Llanuras de Coahuila Llanuras y Sierras Volcánicas Sierra de la Paila Sierras Transversales Sierras y Llanuras Coahuilenses
Crotalus lepidus	Del Bolsón de Mapimí Llanuras de Coahuila Llanuras y Sierras Volcánicas Sierra de la Paila Sierras y Llanuras Coahuilenses
Crotalus molossus	Pliegues Saltillo-Parras Sierra de la Paila Sierras Transversales Llanuras y Sierras Volcánicas Sierras y Llanuras Coahuilenses
Crotalus pricei	Gran Sierra Plegada
Crotalus ornatus	Sierras y Llanuras Coahuilenses
Crotalus scutulatus	Del Bolsón de Mapimí Laguna de Mayrán Llanuras de Coahuila Llanuras y Sierras Volcánicas Sierra de la Paila Sierras Transversales Sierras y Llanuras Coahuilenses
Crotalus viridis	Llanuras de Coahuila Sierra del Burro Sierras y Llanuras Coahuilenses
Sistrurus catenatus	Sierras y Llanuras Coahuilenses

Fuente: elaboración propia con base en Campbell y Lamar 2004, Lemos-Espinal y Smith 2007, Ernst y Ernst 2011.

Acciones de conservación y consideraciones finales

Debido a la importancia de las serpientes de cascabel y al riesgo potencial que corren sus poblaciones, resulta fundamental tomar medidas para su conservación. A continuación se mencionan algunas acciones que pudieran desarrollarse para conservar estos organismos:

1) La elaboración de estudios científicos que permitan determinar la distribución y abundancia de las diferentes especies de cascabel presentes en el estado.
2) La creación de ANP, al tomar como es-

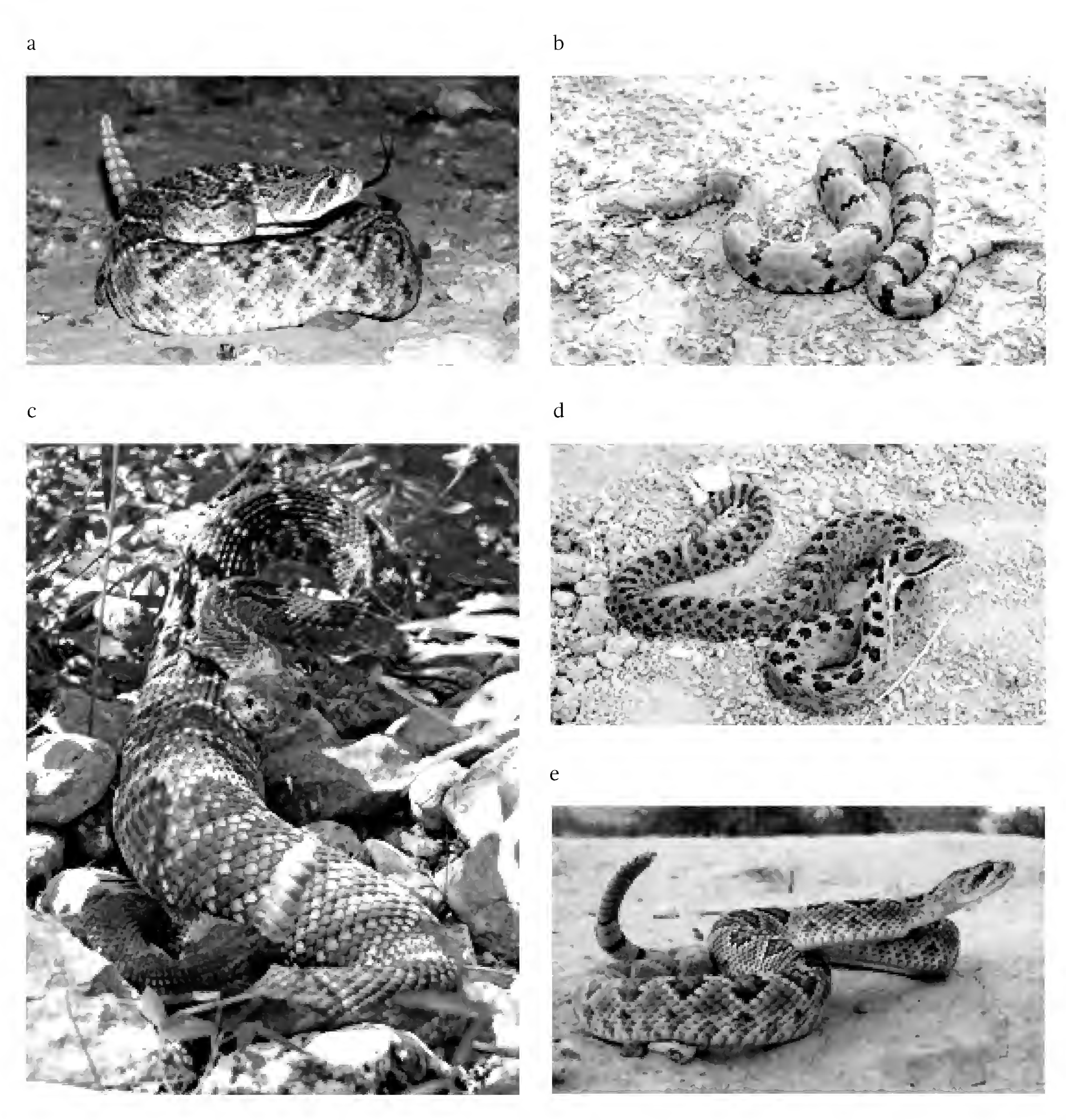


Figura 2. Serpientes de cascabel del género *Crotalus* encontradas en Coahuila: a) cascabel de diamantes (*C. atrox*), en el municipio de Matamoros; b) cascabel variable (*C. lepidus*), en Jimulco; c) cascabel de cola negra (*C. molossus*), en Jimulco; d) cascabel de motas gemelas (*C. pricei*), en la sierra de Durango; y e) cascabel del Altiplano (*C. scutulatus*), en el municipio de Viesca. Fotos: Juan José Castañeda Gaytán.

pecies clave algunos crotálidos, cuyas poblaciones se encuentren amenazadas.

3) La creación de programas de educación ambiental dirigidos a los sectores de la población que frecuentemente están en contacto con las serpientes (ejidatarios, agricultores, ganaderos), cuyo principal objetivo sea su sensibilización en torno a la importancia ecológica, económica y social que tienen estos reptiles.

Es necesario puntualizar que, a pesar de no ser especies endémicas, las serpientes de cascabel han vivido en Coahuila por miles de años y han cumplido roles fundamentales en las redes tróficas de los ecosistemas. Por lo tanto, su conservación es fundamental para mantener el equilibrio ecológico en los hábitats del estado. Es responsabilidad de la sociedad tomar acciones para preservar a estos bellos ejemplares, símbolos del desierto.

Referencias

Alvarado-Díaz, J. y J.A. Campbell. 2004. A new montane rattlesnake (Viperidae) from Michoacan, Mexico. *Herpetologica* 60:281-286.

Braud, S., C. Bon y A. Wisner. 2000. Snake venom proteins acting on hemostasis. *Biochimie* 82:851-859.

Campbell, J.A. y O. Flores-Villela. 2008. A new longtailed rattlesnake (Viperidae) from Guerrero, Mexico. *Herpetologica* 64:246-257.

Campbell, J.A. y W.W. Lamar. 2004. *The venomous reptiles of the western hemisphere*, vol. II. Comstock/Cornell University Press, Nueva York.

Del Villar-González, D. 2000. Principales vertebrados plaga en México: situación actual y alternativas para su manejo. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 6:41-54.

Ernst, C.H. y E.M. Ernst. 2011. *Venomous reptiles of the United States, Canada, and northern Mexico. Heloderma, Micruroides, Micrurus, Pelamis, Agkistrodon, Sistrurus.* Vol. 1. The Johns Hopkins University Press, EUA.

Flores-Villela, O. 1993. *Herpetofauna mexicana.* Carnegie Museum of Natural History (CMNH), Pittsburgh.

Flores-Villela, O. y L. Canseco-Márquez. 2004. Nuevas especies y cambios taxonómicos para la herpetofauna de México. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.) 20:115-144.

Grismer, L.L. 2002. *The amphibians and reptiles of Baja California, its Pacific islands, and the islands in the Sea of Cortes: natural history, distribution and identification.* University of California Press, EUA.

Koh, C.Y. y R.M. Kini. 2012. From snake venom toxins to therapeutics-cardiovascular examples. *Toxicon* 59:497-506.

Lemos-Espinal, J.A. y H.M. Smith. 2007. *Anfibios y reptiles del estado de Coahuila, México.* UNAM/CONABIO, México.

Neville, M. y W. Vaughan. 2005. Practical applications of snake venom toxins in haemostasis. *Toxicon* 45:1171-1181.

Pérez, J.C., M.R. McKeller, J.C. Pérez *et al.* 2001. An internet database of crotaline venom found in the United States. *Toxicon* 39:621-632.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el DOF. Texto vigente.

Siria, H.C.G. y B.A. Arellano. 2009. Mordeduras por serpiente venenosa: panorama epidemiológico en México. *Salud Pública de México* 51:95-96.

UICN. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. 2013. *IUNC Red list of threatened species.* Version 2013.2.

Wozniak, E.J., J. Wisser y M. Schwartz. 2006. Venomous adversaries: a reference to snake identification, field safety and bite-victim first aid for disaster-response personnel deploying into the hurricane-prone regions of North America. *Wilderness and Environmental Medicine* 17:246-266.

Aves

Armando Jesús Contreras Balderas, Mauricio Cotera Correa, Gabriela Margarita García Deras, Juan Antonio García Salas, Mario Guerrero Madriles, Samuel López de Aquino, Feliciano Javier Heredia Pineda, Eloy Alejandro Lozano Cavazos, Francisca Isabel Morán Rosales y Laura Magdalena Scott Morales

Descripción

Las aves son vertebrados de temperatura constante que poseen plumas (la característica diagnóstica más distintiva), no tienen dientes y desarrollan un pico ligero. Son organismos pequeños en su mayoría, aunque existen algunas excepciones, como el avestruz y los pingüinos, que son bastante grandes y pesados; son bípedos (caminan sobre dos patas) y digitígrados, ya que avanzan al apoyar su peso sólo sobre los dedos.

Para Welty (1962), las aves son máquinas de volar, pues presentan una serie de adaptaciones para dicho propósito, sobre todo por la adaptación de sus extremidades anteriores, además de la fusión y reducción en el número de huesos del esqueleto que les provee una estructura fuerte y estable para la inserción de los músculos del vuelo, las extremidades y las plumas de las alas y cola. Asimismo, cuentan con sacos aéreos en la mayor parte de los huesos del cuerpo, como el húmero, la columna vertebral, el fémur y las costillas, lo que da ligereza a su esqueleto. Tienen un metabolismo alto y su sistema nervioso central y visión están muy desarrollados (Proctor y Lynch 1993).

Las aves han colonizado todos los hábitats y exhiben una amplia y compleja gama de conductas que incluye cortejo, apareamiento, anidación, cuidado de las crías, canto, etc. (Welty 1962), lo que las hace uno de los grupos más llamativos dentro de los animales. Dadas sus adaptaciones, las aves se pueden dividir en dos grandes rubros: voladoras y corredoras; ambos cuentan con representantes tanto en el país como en Coahuila.

Las aves del estado han recibido atención por investigadores nacionales y extranjeros. Destaca la investigación de Urban (1959), quien realizó el primer trabajo en el que se recopiló el conocimiento de las aves de Coahuila hasta esa fecha. Los demás son, en su mayoría, reportes de investigadores de visitas ocasionales no sistematizadas, aunque no por ello menos importantes, pues lograron incrementar el conocimiento de este importante grupo de vertebrados. La obra sobre avifaunas de Coahuila (Garza de León *et al.* 2007), fue la segunda compilación de información de este grupo de investigadores, en la que se actualizó el número de especies y hubo nuevos registros para la entidad.

En el presente capítulo se hace una descripción de aspectos relevantes de las aves de

---

Contreras-Balderas, A.J., M. Cotera-Correa, G.M. García-Deras, J.A. García-Salas, M. Guerrero-Madriles, S. López de Aquino, F.J. Heredia-Pineda, E.A. Lozano-Cavazos, F.I. Morán-Rosales y L.M. Scott-Morales. 2018. Aves. En: *La biodiversidad en Coahuila. Estudio de Estado*, vol. II. CONABIO/Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza, México, pp. 361-374.

Coahuila y se complementa con el listado actualizado de especies hasta el 2014. En esta obra pueden consultarse cuatro estudios de caso relacionados con este grupo.

Diversidad

De las 10 709 especies de aves que se registran en el mundo (Gill y Donsker 2015), en México se distribuyen hasta 1 150 (Navarro–Sigüenza *et al.* 2014). Para el estado, las especies registradas son 398 (Garza de León *et al.* 2007). Por datos de observadores de aves y algunos nuevos registros para la entidad, de 2007 a 2014 el número de especies incrementó a 420 (apéndice 26), lo que representa 36.52% de las reportadas para el país.

Esta diversidad se debe, entre otros factores, a la existencia en la entidad de una variedad de hábitats, resultado de la convergencia en este territorio de tres grandes regiones naturales denominadas provincias fisiográficas que, a su vez, se subdividen en 10 regiones más pequeñas llamadas subprovincias (spp e inegi 1983), en las que predominan seis tipos de vegetación que en suma abarcan más de 70% de su territorio (Rzedowski 1981).

Por otro lado, la entidad forma parte de una significativa ruta migratoria de aves neárticas (originarias de la parte norte del continente americano) y neotropicales (que se distribuyen del centro de México a Sudamérica), entre las que destacan las aves del Desierto Chihuahuense, las acuáticas y las playeras (García 2014).

Estacionalidad

Según su estancia, las aves se consideran residentes permanentes cuando pasan todo el año en la entidad (figuras 1a, b); residentes temporales, al permanecer en el estado sólo una parte del año, generalmente es en verano cuando acuden a reproducirse (figura 2); o visitantes de invierno, al permanecer en la zona por razones alimenticias (figura 3); también pueden ser transitorias, al detenerse temporalmente en el territorio estatal durante su migración al norte o sur del continente; o accidentales, en los casos en que se encuentran de forma inusual (figura 4), ya que se desviaron de su área habitual de distribución (Howell y Webb 1995).

También hay un pequeño grupo de especies introducidas, originarias de otras regiones del

a



b



Figura 1. Aves residentes permanentes: a) tortilla con chile y crespin (*Sturnella neglecta*) son algunos de los nombres comunes con los que se conoce esta especie residente de bello canto; b) macho adulto de carpintero de frente dorada (*Melanerpes aurifrons*), el más común de los carpinteros del estado. Fotos: Alberto de la Peña Vargas.

país e incluso de otras latitudes, que se han establecido en la entidad y que forman parte de la avifauna estatal (Navarro-Sigüenza y Benítez 1993).

De acuerdo a la clasificación anterior, en Coahuila se registran 119 especies residentes permanentes, de las cuales 15 son introducidas (cuadro 1; Garza de León *et al.* 2007), la mayoría pertenece a la familia de los pericos y se les puede observar en parques y alamedas de las principales ciudades del estado. Por su parte, las residentes temporales representan 157 especies que se dividen de la siguiente forma: 47 residentes de verano y 110 visitantes de invierno, 115 accidentales, 28 transeúntes y una con estacionalidad no determinada (apéndice 26).



Figura 2. Macho de colibrí garganta de rubí (*Archilochus colubris*), residente de verano en el estado. Foto: Alberto de la Peña Vargas.

Riqueza de especies

Las 420 especies del estado se distribuyen en 21 órdenes, 64 familias y 232 géneros (apéndice 26; véase Monitoreo de las poblaciones de aves de la Zona Sujeta a Conservación Ecológica Sierra de Zapalinamé, y Vertebrados silvestres de la sierra Maderas del Carmen, en esta misma obra). Las cinco familias mejor representadas son: Parulidae, con 39 especies de pequeñas aves que incluyen los chipes; Tyrannidae, con 31 especies, la mayoría mosqueros; Passerellidae (antes Emberizidae), con 29 especies, entre las que se encuentran los llamados gorriones o zacatoneros; Anatidae, con 28 especies, entre gansos, patos y cisnes. La familia Scolopacidae (playeras) cuenta con 20 especies, y el resto de las familias contiene 19 o menos especies (figura 5).



Figura 3. Garcita verde (*Butorides virescens*), ave acuática visitante de invierno, moderadamente común en cuerpos de agua arbolados. Foto: Alberto de la Peña Vargas.

Endemismos

Coahuila no posee endemismos de aves. No obstante, en su territorio se registran 11 especies endémicas de México; las más notables son la cotorra serrana oriental (*Rhynchopsitta terrisi*, véase estudio de caso), endémica del noreste de



Figura 4. Luis bienteveo (*Pitangus sulphuratus*), miembro de la familia Tyrannidae, una de las mejor representadas en el estado. Foto: Alberto de la Peña Vargas.

Cuadro 1. Especies de aves introducidas al estado.

Orden	Familia	Género	Epíteto específico	Nombre común
Pelecaniformes	Ardeidae	*Bubulcus*	*ibis*	Garcita ganadera
Columbiformes	Columbidae	*Columba*	*livia*	Paloma doméstica
	Columbidae	*Streptopelia*	*decaocto*	Paloma risueña
Psittaciformes	Psittacidae	*Myiopsitta*	*monachus*	Perico monje
	Psittacidae	*Psittacara*	*holochlorus*	Perico verde
	Psittacidae	*Eupsittula*	*canicularis*	Perico frente naranja
	Psittacidae	*Ara*	*militaris*	Guacamaya verde
	Psittacidae	*Amazona*	*albifrons*	Perico de frente blanca
	Psittacidae	*Amazona*	*viridigenalis*	Perico frente roja
	Psittacidae	*Amazona*	*finschi*	Perico de corona lila
	Psittacidae	*Amazona*	*autumnalis*	Perico de cachete amarillo
	Psittacidae	*Amazona*	*oratrix*	Perico cabeza amarilla
	Psittacidae	*Cyanoliseus*	*patagonus*	Perico barranquero
Passeriformes	Sturnidae	*Sturnus*	*vulgaris*	Estornino
	Passeridae	*Passer*	*domesticus*	Chilero

Fuente: elaboración propia con información del apéndice 26.

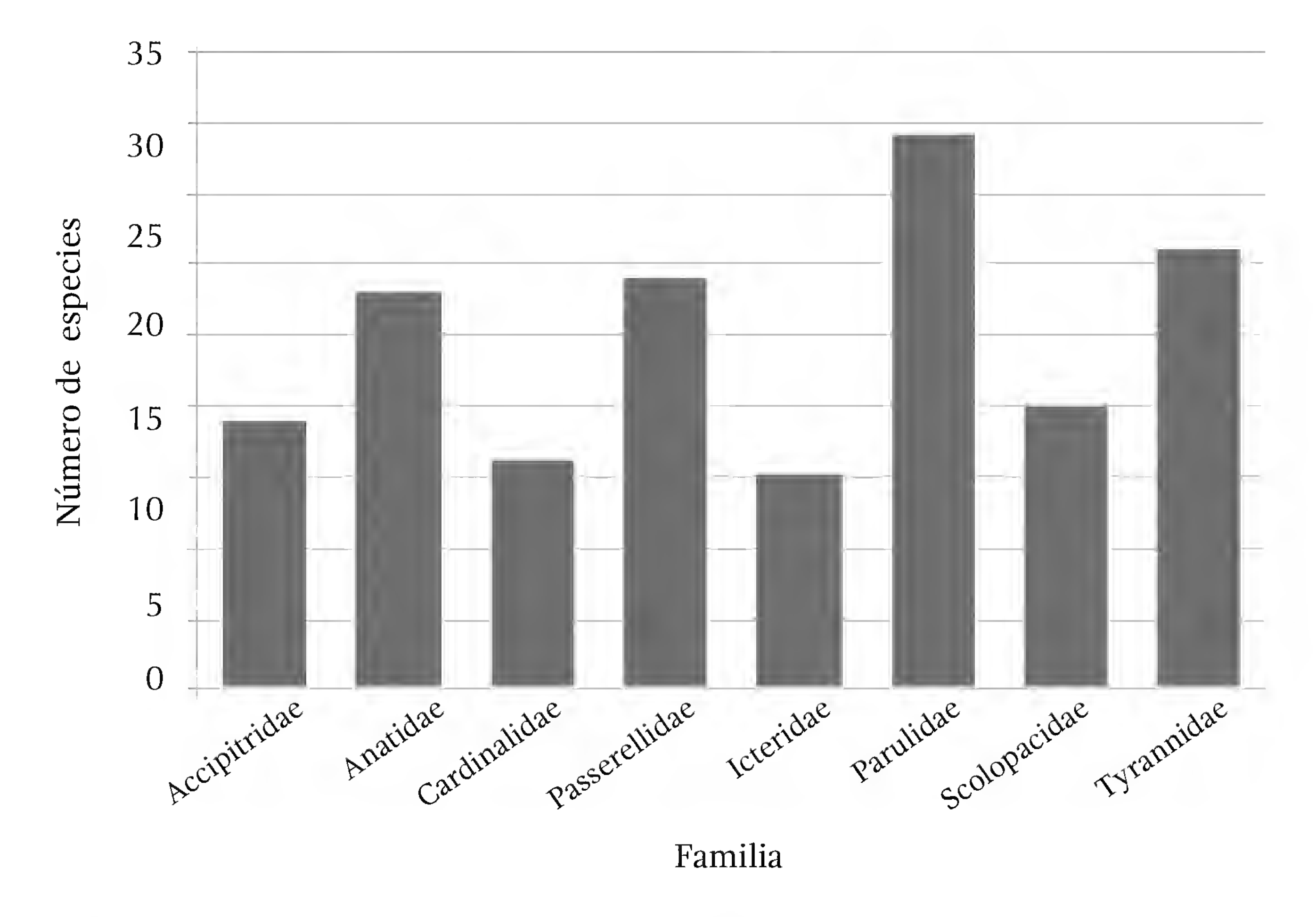


Figura 5. Familias de aves con mayor diversidad de especies en Coahuila. Fuente: elaboración propia con información del apéndice 26.

México, con distribución en la zona boscosa de los municipios del sureste del estado, subprovincia Gran Sierra Plegada, y el gorrión de Worthen (*Spizella wortheni*), endémica del Altiplano Mexicano, con localización en una reducida zona de pastizal del sur de la entidad, subprovincia Sierras Transversales (Garza de León *et al.* 2007).

Además se reportan 26 especies semiendémicas y nueve cuasiendémicas (González-García y Gómez de Silva 2003). Las primeras son especies migratorias que pasan parte del año en el país, mientras que las segundas se caracterizan porque la mayor parte de su área de distribución geográfica se encuentra en México, pero que también se distribuyen en los límites de países vecinos (Navarro-Sigüenza *et al.* 2014).

Distribución

La distribución de las aves en Coahuila está influenciada por la combinación de factores geográficos (latitud, longitud), bióticos (ecosistemas) y temporales (estaciones del año), lo que origina que en el estado se encuentren poblaciones de diferentes especies durante el año (Cronin 1999).

En la entidad existen matorrales áridos, bosques templados, pastizales, ecosistemas acuáticos modificados (presas) y dulceacuícolas (ríos, pozas y lagunas; Rzedowski 1990), a los cuales se asocian comunidades de especies de aves en particular, aunque la mayoría puede ocupar más de un ecosistema. Cabe señalar que el hábitat de matorrales áridos es el más extenso en Coahuila (Rzedowski 1990), y está distribuido principalmente en las subprovincias Sierras y Llanuras de Coahuila, Sierra de la Paila, Laguna de Mayrán y Llanuras y Sierras Volcánicas.

Las especies residentes y permanentes más comunes son el zacatonero garganta negra (*Amphispiza bilineata*) y el cenzontle (*Mimus polyglottos*). Entre las migratorias son comunes el gorrión cola blanca (*Pooecetes gramineus*) y el gorrión pálido (*Spizella pallida*; Sullivan *et al.* 2009, eBird 2012, Sauer *et al.* 2014).

Es importante mencionar que este grupo de vertebrados presenta una gran dinámica, ya que su distribución geográfica y sus patrones de migración se ven influenciados por los cambios climáticos locales y estacionales, así como por el origen, topografía y forma de los continentes. En este sentido, en América existen cuatro rutas migratorias; de éstas, la del centro aporta la mayor diversidad para Coahuila (Proctor y Lynch 1993).

Así, la riqueza de aves varía a lo largo del año; en ecosistemas de pastizal su presencia es mayor durante el invierno que durante la primavera, debido a que las aves migran de Canadá y Estados Unidos de América a México para residir en el invierno, como es el caso del gorrión de Brewer (*Spizella breweri*), gorrión cola blanca, gorrión chapulín (*Ammodramus savannarum*) y bisbita llanera (*Anthus spragueii*; Panjabi *et al.* 2010, Macías-Duarte *et al.* 2011).

Lo mismo sucede en los ecosistemas dulceacuícolas y acuáticos modificados, al recibir en invierno especies como el pato cucharon norteño (*Spatula clypeata*), a tres especies de cercetas: ala verde (*Anas crecca*), alas azules (*Spatula discors*) y ala café (*S. cyanoptera*), además del pato golondrino (*A. acuta*), entre otras.

Distribución por subprovincia fisiográfica

Las subprovincias con menor cantidad de especies (apéndice 26) son: Llanuras y Sierras Volcánicas (256) y Del Bolsón de Mapimí (274). A pesar de que esta última representa una región muy árida y la de menor extensión en Coahuila, ha sido bien documentada en la Comarca Lagunera por Francisco Valdés Perezgasga, quien ha registrado a las aves residentes, migratorias y transeúntes.

Las subprovincias con mayor cantidad de aves (apéndice 26) son: Pliegues Saltillo-Parras (328), Gran Sierra Plegada (325) y Sierras y Llanuras Coahuilenses (322). Esto puede explicarse

por dos fenómenos: el primero es natural, que consiste en que estas tres subprovincias constituyen la parte norte de la Sierra Madre Oriental y ofrecen a las aves una amplia variedad de micro hábitats y nichos que se suman a un conjunto de aspectos topográficos, exposición a vientos de sotavento y barlovento, y a distintos tipos de vegetación, además de que la referida sierra forma parte natural del corredor migratorio de Norteamérica (Frederick *et al.* 1998).

El segundo fenómeno es de origen humano pues, al igual que en la Comarca Lagunera, en el sureste y norte de Coahuila se ha realizado un importante trabajo de muestreo para documentar las especies de aves en la zona. Este esfuerzo ha sido encabezado por Aldegundo Garza de León, el Museo de las Aves de México (MAM), Elizabeth Spencer de Sellers, Protección de la Fauna Mexicana A.C. (PROFAUNA), diversos profesionales y observadores aficionados, principalmente en Saltillo, Torreón y Múzquiz.

Importancia ecológica, cultural y económica

A través de grupos funcionales o gremios alimenticios que representan, las aves silvestres desempeñan un papel importante en los ecosistemas. Esto se debe a sus funciones como polinizadoras y por el control que realizan sobre ciertas plagas de insectos y roedores que afectan la economía del ser humano. Otros servicios ecológicos que brindan son la dispersión de semillas, descomposición y reciclaje de nutrientes, además de ser indicadores ambientales (Berlanga *et al.* 2010).

Desde hace siglos este grupo ha sido objeto de estudio por parte de las diferentes culturas en el mundo, y México no es la excepción. Como ya se mencionó, la diversidad de las formas y comportamiento, además del canto de algunas especies, la majestuosidad del vuelo en las rapaces, etc., llaman la atención y se han convertido en carta de presentación de la biodiversidad del estado. En este sentido, el MAM (véase El Museo de las Aves de México, conocer para valorar y conservar, en esta misma obra), ubicado en Saltillo, ha cumplido una importante función y actualmente es referente local y regional.

En Coahuila el turismo cinegético (que se desarrolla en torno a la cacería) se efectúa de manera regulada, lo que propicia la sustentabilidad de las especies en las unidades de manejo para la conservación de la vida silvestre (UMA; Secretaría de Turismo de Coahuila 2010). En el calendario cinegético 2013-2014 (SEMARNAT 2013a) se contempló un total de 25 especies de aves para su aprovechamiento (apéndice 26).

Respecto a las aves canoras y de ornato, 20 especies están autorizadas por la SEMARNAT para aprovechamiento de subsistencia en el estado (SEMARNAT 2013b), aun cuando de acuerdo a datos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN; 2002), el referido aprovechamiento se realiza sobre un mayor número de especies (apéndice 26). A pesar de ello no se tiene cuantificado su impacto. La CONABIO estimó en 2006 que la derrama por el aprovechamiento de aves canoras y de ornato en el país fue de 4 595 990 pesos.

Para evitar la sobreexplotación se incrementó la importación de especies exóticas, tales como la cotorra de Kramer o perico de cara roja (*Psittacula krameri*; Pericos Mexicanos en Peligro 2013), lo cual representa un riesgo para las aves nativas (Cantú *et al.* 2011), ya que pueden llegar a competir con éstas por los recursos e incluso desplazarlas de su hábitat. De hecho, para Saltillo y Torreón se tiene registrado al perico monje (*Myopsitta monachus*), especie que a nivel internacional se considera invasora (López de Aquino *et. al.* inédito, Valdés-Perezgasga 2013).

Una actividad creciente y con mucho potencial económico para Coahuila es el turismo de observación de aves silvestres, debido a la variedad de especies registradas en el estado (Garza de León *et. al.* 2007). De acuerdo con el portal

aVerAves de conabio (2015), desde 1991 se han reportado 21 sitios de interés para observar aves en la entidad, en los cuales se ha registrado un total de 341 especies.

En la zona sur del estado existen varios grupos que a lo largo del año hacen monitoreos constantes de aves, como un gremio de mujeres en la sierra de Arteaga, auspiciado por la conanp, profauna, la Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Urbano del Estado de Coahuila de Zaragoza (smadu), el mam y la administración del apff Maderas del Carmen (López de Aquino 2015).

Por otro lado, algunas especies de aves tienen aspectos negativos, tales como ser vectores de enfermedades. Un ejemplo clásico es el virus del Nilo, registrado en el noreste de México, que fue estudiado por Fernández-Salas y colaboradores (2007), quienes encontraron que las especies residentes, como el gorrión doméstico o chilero (*Passer domesticus*), presentan anticuerpos, a diferencia de las migratorias, como el gorrión de corona blanca (*Zonotrichia leucophrys*) y el gorrión pálido (*Spizella pallida*).

De acuerdo al autor, y debido al impacto en la población humana, este tipo de enfermedades representa un reto para la investigación y los programas de prevención y control de vectores del sector salud.

Situación actual y estado de conservación

La riqueza de aves en Coahuila está ligada a condiciones de equilibrio dentro de su hábitat y al resultado de miles de años de evolución, por lo que cualquier intervención a sus espacios naturales repercute directamente en su presencia y permanencia.

Por tradición, en el estado se desarrollan actividades principalmente agropecuarias (66% aproximado de su territorio) y en menor medida se practican la minería y la extracción forestal (Aguirre *et al.* 2010), lo que impacta no sólo a los elementos aéreos de los ecosistemas, sino que también propicia cambios en la estructura y composición de la flora y la fauna (Scott-Morales *et al.* 2006). Igualmente perturba la dinámica hídrica, lo que empobrece los mantos acuíferos y modifica los balances naturales de las propiedades químicas del suelo, como en los casos del nitrógeno y del fósforo (Silva-Arredondo *et al.* 2013).

Las actividades mencionadas impactan sobre todo a especies que son sensibles a cambios radicales en el paisaje, como el águila real (*Aquila chrysaetos*). En torno a ella, en las últimas décadas se tienen registrados menos avistamientos, y en algunos casos ha desaparecido localmente (Garza de León 2013). Otro ejemplo es el gorrión de Worthen (*Spizella wortheni*), el cual todavía en la década de los sesenta se distribuía ampliamente por el Altiplano de México (Wege *et al.* 1993) y ahora se encuentra restringido a unas cuantas poblaciones en la meseta central del mismo (Scott-Morales 2015).

Especies como el zarapito pico largo (*Numenius americanus*), chorlo mayor patas amarillas (*Tringa melanoleuca*), tecolote llanero (*Athene cunicularia*) y chorlito llanero (*Charadrius montanus;* Desmond y Chávez-Ramírez 2002) han encontrado refugio en los pastizales de Coahuila, aunque la rotación de la agricultura, el pastoreo y las fuertes sequías de los últimos años han mermado la presencia de las mismas y han promovido la ausencia temporal de *C. montanus* o *T. melanoleuca* (Scott-Morales 2015).

A pesar de estar frente a un panorama desalentador, Coahuila tiene aún sitios conservados que albergan una diversidad íntegra, especialmente en las subprovincias de Gran Sierra Plegada, Sierras Transversales y Serranías del Burro. En el estado existen programas de conservación que tienen como objetivos la preservación e integridad de las comunidades aviares y otros grupos taxonómicos, los cuales se apoyan en proyectos y programas gubernamentales y privados dirigidos a incrementar la efectividad de las estrategias de manejo.

Los esfuerzos implementados son un gran paso para conservar las 52 especies de la entidad que, de acuerdo a la NOM-059 (SEMARNAT 2010), se encuentran en alguna categoría de riesgo: 13 en peligro de extinción, nueve amenazadas y 28 en protección especial (cuadro 2). Es necesario considerar que de las especies antes mencionadas, sólo cinco se encuentran en la Lista Roja de la UICN (2014); éstas son el vireo de gorra negra (*Vireo atricapilla*), chipe de mejillas doradas (*Setophaga chrysoparia*), bisbita llanera (*Anthus spragueii*), gorrión de Worthen (*S. wortheni*) y chorlito llanero (*Charadrius montanus*).

La familia con mayor cantidad de especies en categoría de riesgo es la Accipitridae, en la que se incluye a las rapaces, con 14 especies; la Psittacidae (pericos y guacamayas), con ocho especies (ocho introducidas, de las cuales cuatro son endémicas del país; cuadro 2); le siguen las familias Strigidae (búhos o tecolotes) y Turdidae (tordos, zorzales), con cuatro especies cada una (apéndice 26).

Amenazas para su conservación

Las especies de aves presentes se encuentran expuestas de manera permanente a numerosas presiones y amenazas, naturales o antropogénicas. En décadas recientes algunos de los ecosistemas más representativos de la entidad han sido objeto de perturbaciones de dimensiones catastróficas.

Ejemplos de esto son los incendios de 1998 en las sierras del municipio de Arteaga y los ocurridos en el 2011 en los bosques, matorrales y pastizales del norte del estado (CONAFOR 2011). Estos incidentes afectaron los hábitats de varias especies de importancia global, tal como el de la cotorra serrana oriental (Manzano-Camarillo 2006), el víreo gorra negra (*V. atricapilla*; Guilfoyle 2002, Guerrero-Madriles 2011, BirdLife International 2012), así como el del chipe mejilla dorada (*S. chrysoparia*; Guilfoyle 2002), entre otros.

No obstante, las amenazas más recurrentes todavía son el sobrepastoreo caprino y el cambio de uso del suelo, combinado con las sequias extremas ocurridas en los últimos años, al causar la reducción de las poblaciones de muchas especies por la degradación o pérdida de su hábitat.

Tal es el caso de la modificación de la condición del cauce del río Nazas que nace en la parte alta de la Sierra Madre Occidental y el cual –después de recorrer casi 600 km y antes de la construcción de las presas Lázaro Cárdenas y Francisco Zarco– desembocaba en la laguna de Mayrán, ubicada en las áreas de influencia de las localidades de Rodeo, Nazas, Ciudad Lerdo y Gómez Palacio (en Durango), así como en Torreón, Matamoros, Francisco I. Madero y San Pedro de las Colonias (en Coahuila).

Estas alteraciones, entre otras situaciones, provocaron la desaparición de la grulla blanca (*Grus americana*) en el estado y el país (Chávez-Ramírez 2015). Además, la constante transformación de los pastizales en el sureste de la entidad amenaza seriamente las poblaciones del gorrión de Worthen, especie endémica que habita en los márgenes de colonias de perrito llanero mexicano *Cynomys mexicanus* (Garza de León *et al.* 2007, Canales del Castillo *et al.* 2010, Canales-Delgadillo y Scott-Morales 2012; véase estudio de caso El perrito llanero mexicano, en esta misma obra).

Asimismo otra amenaza está representada por la reducción de áreas inundables en el valle de Cuatro Ciénegas, refugio invernal de muchas especies acuáticas migratorias como la grulla gris (*Grus canadensis*), zarapito pico largo (*Numenius americanus*) y pato golondrino (*A. acuta*), entre otras (González-Rojas 2015).

Oportunidades y acciones de conservación

Las aves de Coahuila representan 36.52% del total registrado en el país (Garza de León 2007, Navarro-Sigüenza *et al.* 2014), lo que indica la

Cuadro 2. Especies en categoría de riesgo, se indica su estacionalidad y si son endémicas del país.

Orden	Familia	Género	Epíteto específico	SEMARNAT 2010	Estacionalidad	Endemismo
Anseriformes	Anatidae	*Cygnus*	*columbianus*	P	A	–
	Anatidae	*Cairina*	*moschata*	P	A	–
	Anatidae	*Anas*	*platyrhynchos**	–	I	E
Galliformes	Odontophoridae	*Cyrtonyx*	*montezumae*	Pr	R	–
Podicipediformes	Podicipedidae	*Tachybaptus*	*dominicus*	Pr	A	–
Ciconiiformes	Ciconiidae	*Mycteria*	*americana*	Pr	A	–
Pelecaniformes	Ardeidae	*Botaurus*	*lentiginosus*	A	I	–
	Ardeidae	*Ixobrychus*	*exilis*	Pr	T	–
Accipritiformes	Accipitridae	*Ictinia*	*mississippiensis*	Pr	A	–
	Accipitridae	*Haliaeetus*	*leucocephalus*	P	I	–
	Accipitridae	*Accipiter*	*striatus*	Pr	I	–
	Accipitridae	*Accipiter*	*cooperii*	Pr	I	–
	Accipitridae	*Buteogallus*	*anthracinus*	Pr	A	–
	Accipitridae	*Buteogallus*	*solitarius*	P	A	–
	Accipitridae	*Parabuteo*	*unicinctus*	Pr	R	–
	Accipitridae	*Buteo*	*lineatus*	Pr	I	–
	Accipitridae	*Buteo*	*platypterus*	Pr	A	–
	Accipitridae	*Buteo*	*swainsoni*	Pr	V	–
	Accipitridae	*Buteo*	*albicaudatus*	Pr	A	–
	Accipitridae	*Buteo*	*albonotatus*	Pr	V	–
	Accipitridae	*Buteo*	*regalis*	Pr	I	–
	Accipitridae	*Aquila*	*chrysaetos*	A	R	–
Gruiformes	Gruidae	*Grus*	*americana*	P	A	–
	Gruidae	*Grus*	*canadensis*	Pr	I	–
Charadriiformes	Charadriidae	*Charadrius*	*nivosus*	A	A	–
	Charadriidae	*Charadrius*	*montanus*	A	I	–
	Laridae	*Sternula*	*antillarum*	Pr	A	–
Strigyformes	Strigidae	*Megascops*	*asio*	Pr	R	–
	Strigidae	*Athene*	*cunicularia**	–	R	–
	Strigidae	*Strix*	*occidentalis*	A	R	–
	Strigidae	*Asio*	*flammeus*	Pr	I	–
Falconiformes	Falconidae	*Falco*	*femoralis*	A	A	–
	Falconidae	*Falco*	*peregrinus*	Pr	R	–
	Falconidae	*Falco*	*mexicanus*	A	R	–

Cuadro 2. Continuación.

Orden	Familia	Género	Epíteto específico	SEMARNAT 2010	Estacionalidad	Endemismo
Psittaciformes	Psittacidae	*Psittacara*	*holochlorus*	A	R	In
	Psittacidae	*Eupsittula*	*canicularis*	Pr	R	In
	Psittacidae	*Ara*	*militaris*	P	R	In
	Psittacidae	*Rhynchopsitta*	*terrisi*	P	R	E
	Psittacidae	*Amazona*	*albifrons*	Pr	R	In
	Psittacidae	*Amazona*	*viridigenalis*	P	R	In E
	Psittacidae	*Amazona*	*finschi*	P	R	In E
	Psittacidae	*Amazona*	*oratrix*	P	R	In
Passeriformes	Vireonidae	*Vireo*	*atricapilla*	P	V	S
	Turdidae	*Myadestes*	*townsendi*	Pr	I	–
	Turdidae	*Myadestes*	*occidentalis*	Pr	A	–
	Turdidae	*Catharus*	*mexicanus*	Pr	A	–
	Turdidae	*Ridgwayia*	*pinicola*	Pr	A	E
	Parulidae	*Oreothlypis*	*crissalis*	Pr	V	S
	Parulidae	*Setophaga*	*chrysoparia*	P	T	–
	Parulidae	*Geothlypis*	*tolmiei*	A	T	–
	Passerellidae	*Spizella*	*wortheni*	P	R	E
	Cardinalidae	*Passerina*	*ciris*	Pr	V	–

*En la NOM-059 se incluyen subespecies de estas aves.

NOM-059: P: peligro de extinción; Pr: protección especial; A: amenazada. Estacionalidad: R: residente permanente; V: visitante de verano; A: accidental; I: visitante de invierno; T: transeúnte. Endemismo: E: endémica; S: semiendémica; In: introducida al estado; In E: introducida al estado y endémica del país.

Fuente: elaboración propia con base en Howell y Webb 1995, González y Gómez de Silva 2003, Garza de León *et al.* 2007, SEMARNAT 2010.

importancia de realizar actividades para su conservación, la cual podría centrarse, por un lado, en las especies que están dentro de alguna categoría de la NOM-059-SEMARNAT-2010 y, por otro, en las especies endémicas o raras para el estado. Asimismo, la presencia de algunas aves migratorias, como las grullas y el chorlito llanero, brinda la oportunidad de realizar proyectos que involucren a instituciones nacionales e internacionales.

No obstante, la mayor parte de las acciones de conservación que se llevan a cabo se circunscriben a las diferentes ANP existentes en la entidad, bajo la responsabilidad federal, estatal y municipal. Por su parte, algunas instituciones u organizaciones no gubernamentales, como el MAM, PROFAUNA y Pronatura Noreste A.C., tienen dentro de su mandato programas o proyectos de conservación dirigidos a mantener o proteger la avifauna.

Por ejemplo, el MAM realizó gestiones ante la CONABIO para la compra del predio El Taray, propiedad que el museo administra y que es importante para la reproducción de la guacamaya enana en Coahuila. El MAM y Pronatura Noreste A.C. adquirieron dos terrenos en el municipio de

Saltillo, uno en el llano conocido como La India y otro en El Cercado, espacios destinados a la conservación del gorrión de Worthen.

Asimismo, estos organismos han realizado contratos por servidumbres ecológicas (figura 6) con propietarios o ejidatarios. En éstos se establecen compromisos dirigidos a la regulación de las actividades productivas para aminorar el impacto a los recursos naturales dentro de sus predios (véase Pago por servicios ambientales, un instrumento para asegurar el mantenimiento de los ecosistemas, en esta misma obra).

Por otra parte, el estado cuenta con 11 áreas de importancia para la conservación de las aves, conocidas como aica (Del Coro y Márquez 2000), las cuales representan una oportunidad para enfocar los esfuerzos de conservación hacia estos sitios, sobre todo si se considera que en algunas de ellas hay poco más de 50% de las especies de aves reportadas para Coahuila o existen especies de interés nacional e internacional (figura 7).

De especial mención es la presa El Tulillo, en el municipio de General Cepeda, cuya designación como aica debería ser revisada, dada la situación actual de deterioro tras haberse secado por la ausencia de lluvias en los últimos años (Gutiérrez 2013).



Figura 6. Ejemplo de servidumbre ecológica con propietarios privados. Foto: Mauricio Cotera Correa.



Figura 7. Chorlito llanero (*Charadrius montanus*) en fase reproductiva en el llano La India. Foto: Archivo fotográfico del mam.

Conclusión

Entre 2007 y 2014 se incrementó de 398 a 420 el número de especies registradas en Coahuila, dos de éstas son introducidas al país y al estado. El número de especies para la entidad es mayor que el considerado por el Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad de México: 365 (conabio 2014).

Los datos aquí presentados constituyen una actualización del conocimiento sobre las aves en Coahuila y deberán ser empleados en las estrategias de conservación futuras, sin olvidar la necesidad de ampliar el conocimiento desde una perspectiva ecológica, de conservación o de poblaciones (Garza de León *et al.* 2007).

Si bien la estacionalidad de las 119 especies residentes (15 introducidas) indica que la biodiversidad real no es alta, la presencia de 110 especies visitantes de invierno, 47 residentes de verano, 28 transeúntes, además de 115 accidentales, habla de la importancia de la entidad como zona de hibernación, reproducción y descanso, por lo que debería considerase como parte de un corredor biológico para las aves migratorias.

Ya que en Coahuila se encuentran dos de las especies endémicas más notables del noreste de México (la cotorra serrana oriental y el gorrión de Worthen), ambas en peligro de extinción (SEMARNAT 2010), así como 50 especies en alguna categoría de riesgo de acuerdo a la NOM-059, resulta fundamental establecer programas que minimicen las amenazas que afrontan las aves del estado y sus hábitats, como son: pérdida y degradación de hábitat por el cambio de uso del suelo, sobrepastoreo, incendios forestales, contaminación, aprovechamiento ilegal y cacería furtiva, por mencionar algunas, a las que se adicionan las sequías recurrentes en la región.

No obstante, la entidad también presenta oportunidades para la conservación de las aves y sus hábitats. Existen instituciones académicas, gubernamentales y organizaciones civiles que trabajan en aspectos de educación ambiental, conservación de tierras e investigación, ANP y AICA. Por otra parte, Coahuila es de los pocos estados que tiene descentralizada la administración de la fauna silvestre, lo cual se ejerce a través de la SMADU, lo que facilita el diseño y aplicación de políticas públicas tendientes a la investigación, manejo y conservación de especies y restauración de hábitats.

En definitiva, el enorme reto que las actuales autoridades ambientales, organizaciones de la sociedad civil y naturalistas locales enfrentan para reducir la severidad de las amenazas y maximizar las oportunidades, es promover y aplicar medidas y políticas de conservación que favorezcan a las aves y a sus hábitats.

Referencias

Aguirre, V.J., A. Luévano, R. Villegas *et al.* 2010. Diagnóstico de la problemática y oportunidades de desarrollo del sector rural de Coahuila. SAGARPA/Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza, Coahuila.

AOU. American Ornithology Unión. 1998 y posteriores agregados hasta el suplemento 55.

Barlow, J.C., y R.R. Johnson. 1969. The gray vireo, *Vireo vicinior* Coues (Passeriformes: Vireonidae), in the sierra del Carmen, Coahuila, Mexico. *Canadian Journal of Zoology* 47:151-152.

Berlanga, H., J.A. Kennedy, T.D. Rich *et al.* 2010. *Conservando a nuestras aves compartidas: la visión trinacional de Compañeros en Vuelo para la conservación de las aves terrestres.* Cornell Lab of Ornithology, Ithaca.

BirdLife International. 2012. *Vireo atricapilla.* IUCN Red list of threatened species. Version 2012.2. En: <*www.iucnredlist.org*>, última consulta: 1 de marzo de 2015.

Canales del Castillo, R., J.I. González-Rojas, I. Ruvalcaba-Ortega y A. García-Ramírez. 2010. New breeding localities of Worthen´s sparrow in northeastern Mexico. *Journal of Field Ornithology* 81:5-12.

Canales-Delgadillo, J. y L. Scott-Morales. 2012. *Uso de hábitat y relaciones sociales: El gorrión de Worthen en el Altiplano Mexicano.* Editorial Académica Española, España.

Cantú, J.C., H. Gómez de Silva y M.E. Sánchez. 2011. *El dinero vuela: el valor económico del ecoturismo de observación de aves.* Defenders of Wildlife, Washington.

Chávez-Ramírez, F. 2015. Director del Programa de Conservación del Gulf Coast Bird Observatory. Comunicación personal, mayo.

Chesser, T. K. Burns, C. Cicero *et al.* 2017. Fifty-eighth supplement to the American Ornithological Society's check-list of north american birds. *Auk* 134:751-773.

CONABIO. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 2006. *Capital natural y bienestar social.* CONABIO, México.

——. 2015. aVerAves En: <*http://ebird.org/ebird/averaves/subnational1/MX-COA/hotspots?yr=all&m*>, última consulta: 5 de marzo de 2015.

CONAFOR. Comisión Nacional Forestal. 2011. Declaran liquidados incendios en Coahuila. Unidad de Comunicación Social. En: <*http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/7/2108Declaran%20liquidados%20incendios%20en%20Coahuila.pdf*>, última consulta: septiembre de 2017.

Cronin, E.W. 1999. *Getting started in birdwatching.* Houghton Mifflin Harcourt, Boston.

Del Coro Arizmendi, M. y L. Márquez (eds.). 2000. *Áreas de importancia para la conservación de las aves en México.* CONABIO, México.

Desmond, M.J. y F. Chávez-Ramírez. 2002. Nest documentation confirms the presence of a breeding population of Mountain Plovers (Charadrius montanus) in north-east Mexico. *Cotinga* 17:1719.

eBird. 2012. eBird: an online database of bird distribution and abundance [web application]. En: <*http://ww.ebird.org*>, última consulta: septiembre de 2017.

Fernández-Salas, I., M.L. Garza-Rodríguez, B.J. Beaty *et al.* 2007. Presencia del virus del oeste del Nilo en el noreste de México. *Salud Pública de México* 49(3):210-217.

Frederick, L.C., S.R. Peterson y J.L. Zimmerman. 1998. *Migration of birds*. Circular 16. U.S. Department of the Interior/U.S. Fish and Wildlife Service, Washington.

García, J.A. 2014. Maestro investigador de la Facultad de Ciencias Biológicas-Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL). Comunicación personal, marzo.

Garza de León, A., I. Morán, F. Valdés y R. Tinajero. 2007. Coahuila. En: *Avifaunas estatales de México*. R. Ortiz-Pulido, A. Navarro-Sigüenza, H. Gómez de Silva *et al.* (eds.). Sociedad para el Estudio y Conservación de las Aves en México, A.C. (CIPAMEX), Hidalgo, pp. 98-136.

Garza de León, A. 2013. Presidente del Patronato del Museo de las Aves de México. Comunicación personal, febrero.

Gill, F. y D. Donsker (eds.). 2014. IOC World Bird Names (versión 5.1). En: <*http://www.worldbirdnames.org/ioc-lists/master-list-2/*>, última consulta: 7 de marzo de 2015.

González-García, F. y H. Gómez de Silva. 2003. Especies endémicas: riqueza, patrones de distribución y retos para su conservación. En: *Conservación de Aves, experiencias en México*. H. Gómez de Silva y A. Oliveras de Ita (eds.). National Fish and Wildlife Foundation (NFWF)/CIPAMEX/CONABIO, México.

González-Rojas, J.A. 2015. Maestro investigador de la Facultad de Ciencias Biológicas-UANL. Comunicación personal.

Guerrero-Madriles, M.A. 2011. Ecología reproductiva del víreo gorra negra, *Vireo atricapilla* (Woodhouse 1852), en el noreste de México. En: *Foro de Seminarios de Investigación*. 7-10 de junio. Subdirección de Posgrado/Facultad de Ciencias Biológicas-UANL.

Guilfoyle, M. 2002. *Black-capped Vireo and Golden-cheeked Warbler populations potentially impacted by USACE reservoir operations*. Engineer Research and Development Center Library/Ecosystem Management and Restoration Research Program, Technical Note SI-28.

Gutiérrez, R. 2013. Desaparece la presa El Tulillo por sequía. Zócalo Saltillo. En: <*http://www.zocalo.com.mx/seccion/articulo/desaparece-la-presa-el-tulillo-por-sequia-1364625432*>, última consulta: septiembre de 2017.

INEGI. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 2011. Subprovincias Fisiográficas de Coahuila. México.

Howell, S. y S. Webb. 1995. *A guide to the birds of Mexico and Northern Central America*. Oxford University Press, Reino Unido.

López de Aquino, S. 2015. Responsable del área científica del Museo de las Aves de México. Comunicación personal.

López de Aquino, S., C. Carrera y G.M. García-Deras. Presencia confirmada del perico monje en Saltillo, Coahuila, México (inédito).

Macías-Duarte, A., A.O. Panjabi, D. Pool *et al.* 2011. *Wintering grassland bird density in Chihuahuan Desert grassland priority conservation areas, 2007-2011*. Rocky Mountain Bird Observatory (RMBO), Brighton, Colorado. RMBO Technical Report INEOTROP-MXPLAT-10-2.

Manzano-Camarillo, M. 2006. *Diagnóstico de daños por incendios forestales del predio El Taray, municipio de Arteaga, Coahuila. Reporte técnico*. Programa de Recursos Forestales y Zonas Áridas. CONABIO/Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM)/Centro de Calidad Ambiental (CCA), Monterrey, México.

McCormack, J.E., G. Castañeda-Guayasemin y G. Levandoski. 2007. Sierra Santa Rosa: an oasis of bird diversity in arid northern Mexico. *Ornitologia Neotropical* 18-369-372.

Navarro-Sigüenza, A.G. y H. Benítez.1993. Riqueza y endemismo de las aves de México. *Ciencias* 7:45-54.

Navarro-Sigüenza, A.G., M.F. Rebón-Gallardo, A. Gordillo-Martínez *et al.* 2014. Biodiversidad de aves en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85:476-495.

Panjabi, A., G. Levandoski y R. Sparks. 2010. *Wintering bird density and habitat use in Chihuahuan Desert grasslands*. RMBO Technical Report INEOTROP-MXPLAT-08-02. RMBO, Colorado.

Pericos Mexicanos en Peligro. 2013. Pericos exóticos invasores. No compres especies de pericos que son exóticos invasores. En: <*http://pericosmexico.org/noticias.html*>, última consulta: 7 de junio de 2013.

Proctor, N.S. y P.J. Lynch. 1993. *Manual of ornithology. Avian structure and function*. Yale University, EUA, pp. 13-46.

Ruvalcaba-Ortega, I., J.I. González-Rojas y R. Canales del Castillo. 2008. Riparian birds community from the rio Sabinas, Coahuila, Mexico. *Texas Journal of Science* 60(4):243:260.

Ruvalcaba-Ortega, I. y J.I. González-Rojas. 2009. New records for Coahuila from a riparian bird community in northern Mexico. *The Southwestern Naturalist* 54(4):501-509.

Rzedowski, J. 1981. *Vegetación de México*. Editorial Limusa, México.

Rzedowski, J. 1990. *Vegetación potencial*. IV.8.2. Atlas Nacional de México. Vol. II. Escala 1:4 000 000. Instituto de Geografía-UNAM, México.

Sauer, J.R., J.E. Hines, J.E. Fallon *et al.* 2014. *The north american breeding bird survey, results and analysis 1966-2013*. Version 01.30.2015. USGS Patuxent Wildlife Research Center, Laurel.

Scott-Morales, L., M. Cotera-Correa y C.E. Estrada. 2006. Estado de conservación de las colonias de perro llanero

(*Cynomys mexicanus*) en el Altiplano Mexicano. Reporte final. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)/Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT).

Scott-Morales, L. 2014. Maestra investigadora de la Facultad de Silvicultura-UANL. Comunicación personal, marzo.

Secretaría de Turismo de Coahuila. 2010. Cinegético. Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza. En: <*http://sedeturcoahuila.gob.mx/mun/Cinegetico.pdf*>, última consulta: 7 de junio de 2013.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el DOF. Texto vigente.

——. 2013a. Calendario cinegético. En: <*http://www.semarnat.gob.mx/temas/gestionambiental/vidasilvestre/Documents/Epoca_Habil/EH_COAH.pdf*>, última consulta: 7 de junio de 2013.

——. 2013b. Calendario aves canoras y de ornato para fines de subsistencia temporada 2013-2014. En: <*http://www.semarnat.gob.mx/temas/gestion-ambiental/vida-silvestre/aprovechamiento-de-aves-canoras-y-de-ornato-para-fines-de*>, última consulta: 31 de marzo de 2015.

SPP e INEGI. Secretaría de Programación y Presupuesto e Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 1983. *Síntesis geográfica de Coahuila*. México.

Silva-Arredondo, F., M. Pando-Moreno, H. González-Rodríguez y L. Scott-Morales. 2013. Changes in the chemical properties of a soil impacted by intensive agriculture, north-eastern Mexico. *International Journal of Bio-resource and Stress Management* 4(2):126-131.

Sullivan, B.L., C.L. Wood, M.J. Iliff *et al*. 2009. eBird: a citizen-based bird observation network in the biological sciences. *Biological Conservation* 142:2282-2292.

UAAAN. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 2002. Propuesta de ordenamiento ecológico del estado de Coahuila. UAAAN, Coahuila.

UICN. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. 2014. IUCN Red list of threatened species. Version 2014.3. En: <*http://www.iucnredlist.org*>, última consulta: 17 noviembre de 2014.

Urban, E.K. 1959. Birds from Coahuila, Mexico. *University of Kansas Museum of Natural History, Miscellaneous Publication* 11:443-516.

Valdés-Perezgasga, F. 2013. Maestro investigador del Instituto Tecnológico de La Laguna (ITL). Comunicación personal, julio.

Wege, D.C., S.N.G. Howell y A.M. Sada. 1993. The distribution and status of Worthen's sparrow *Spizella wortheni*: a review. *Bird Conservation International* 3:211-220.

Welty, J.C. 1962. *The life of birds*. W.B. Saunders Company, Philadelphia.

Aves de pastizal del Desierto Chihuahuense

Irene Ruvalcaba Ortega y Arvind Orjan Panjabi

Introducción

De la superficie de Coahuila, 79% pertenece a la ecorregión del Desierto Chihuahuense (DCH), la cual está dominada principalmente por matorrales desérticos. Se encuentran también pastizales, ecosistemas caracterizados por pastos o gramíneas (Poaceae), los cuales coexisten en diferentes grados de asociación con hierbas, arbustos y árboles.

Registros históricos de mediados del siglo XIX reportan que los pastizales del DCH estaban relativamente libres de arbustos, y se estima que hasta 50% de lo que actualmente son matorrales pudieron haber sido pastizales transformados por el sobrepastoreo (Dinerstein *et al.* 2000).

No obstante, a una escala mundial, la principal causa de la pérdida de pastizales es la conversión agrícola (>40%), especialmente en planicies y valles (White *et al.* 2000). Esta tendencia se debe a que por lo general las condiciones idóneas para sembrar los pastos cuyos granos son para consumo humano, como el maíz, trigo, arroz, centeno y cebada, se dan en las áreas donde se distribuyen los pastizales naturalmente.

En el sureste del DCH la conversión a campos agrícolas ha sido mucho mayor y alcanza hasta 72% en los estados de Coahuila, Nuevo León y San Luis Potosí (Estrada-Castillón *et al.* 2010). Para el sureste de la entidad, los valles intermontanos de la Sierra Madre Oriental que se encuentran en el municipio de Arteaga fueron históricamente pastizales con colonias de perritos de la pradera mexicanos (*Cynomys mexicanus*; Treviño-Villarreal y Grant 1998), y con el paso del tiempo se convirtieron en zonas agrícolas.

Los pastizales abarcan 8% de Coahuila (Valdés-Reyna 2015) y se estima que tan sólo en los últimos 18 años (1993-2011) se ha perdido 18% de su área (figura 1), es decir, en promedio 1% anual. Peor aún, la superficie de aquellas áreas de pastizales con una baja cobertura de arbustos que permiten su funcionamiento como hábitat para la fauna dependiente de estos ecosistemas, se estima en apenas una tercera parte del total (Macías-Duarte *et al.* 2011a).

Aves asociadas a pastizal

En Coahuila se ha registrado un total de 36 especies de aves asociadas al pastizal (cuadro 1),

Ruvalcaba-Ortega I. y A.O. Panjabi. 2018. Aves de pastizal del Desierto Chihuahuense. En: *La biodiversidad en Coahuila. Estudio de Estado*, vol. II. CONABIO/Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza, México, pp. 375-384.

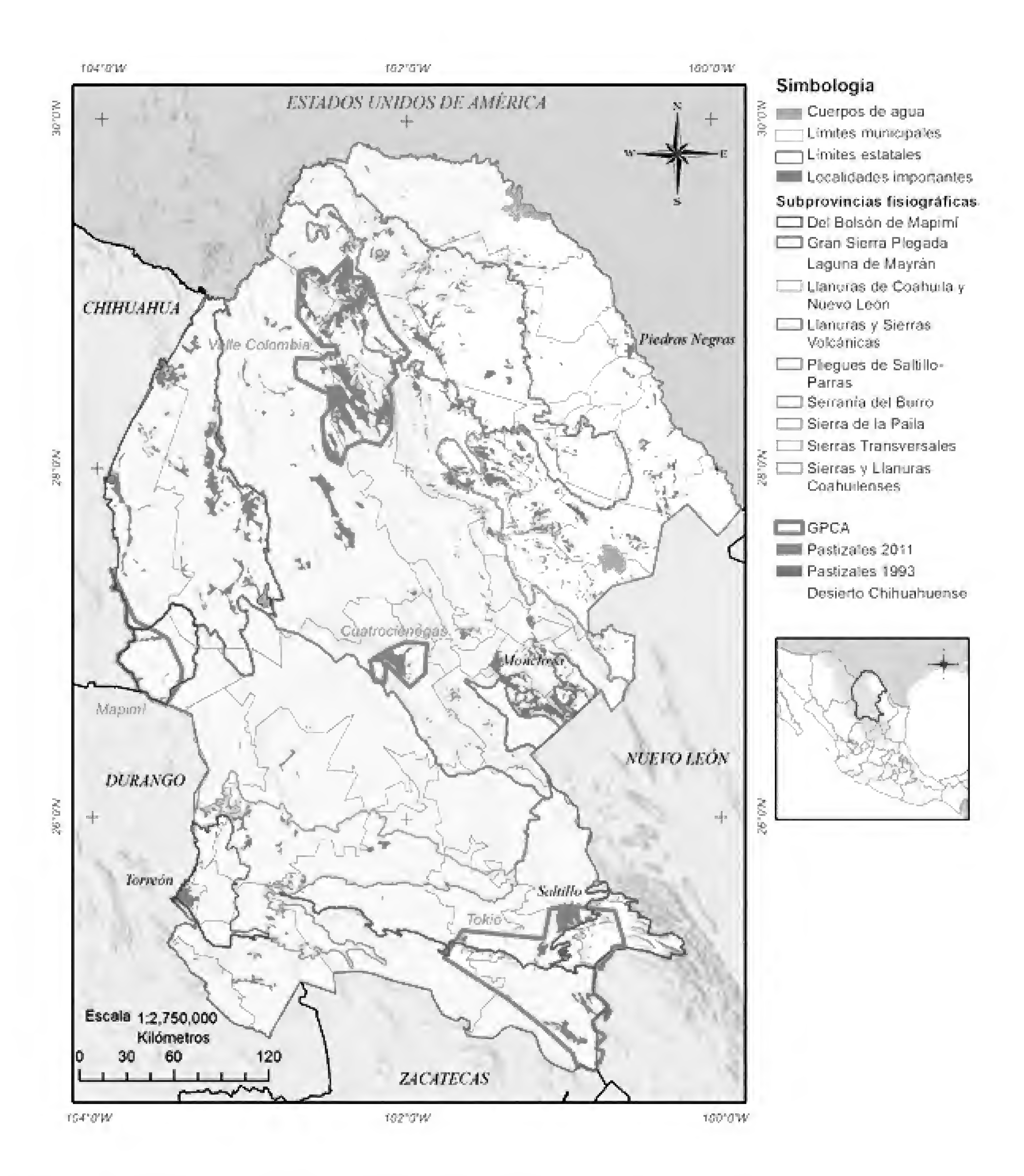


Figura 1. Extensión de los pastizales en Coahuila basados en las series ii (1993) y v (2011) del inegi. En contorno rojo se muestran las áreas prioritarias para conservación de pastizales (gpca, por sus siglas en inglés). Fuente: inegi 1996, 2013.

de las cuales 10 son residentes todo el año, 16 son residentes de invierno, cinco cuentan con poblaciones residentes e invernantes, una es residente de verano, dos son migratorias de paso, una es ocasional y una cuenta con un estatus incierto.

Las Áreas Prioritarias para la Conservación de Pastizales (GPCA, por sus siglas en inglés) más importantes en Coahuila, debido a su riqueza, diversidad y densidad de especies de pastizal, son: Valle Colombia y El Tokio, ambas en la provincia Sierra Madre Oriental (figura 1; CEC y TNC 2005, Pool y Panjabi 2011, Panjabi *et al.* 2013).

La primera se ubica al noroeste del estado, en la subprovincia Sierras y Llanuras Coahuilenses, y está compuesta por dos zonas generales. La primera, conocida como Valle Colombia, que constituye el área original del GPCA, y está conformada por valles intermontanos bordeados por diversas sierras: la sierra La Encantada, al oeste; la sierra Santa Rosa, al este; y la sierra Colorada, al sur.

Cuadro 1. Especies de aves asociadas de pastizal reportadas para Coahuila.

Orden	Familia	Especie	Nombre común	SEMARNAT 2010	UICN	Est.	End.
Galliformes	Odontophoridae	*Cyrtonyx montezumae*	Codorniz Moctezuma	Pr	–	R	–
Accipitriformes	Accipitridae	*Circus hudsonius*	Gavilán rastrero	–	–	I	–
		Buteo swainsoni	Aguililla de Swainson	Pr	–	V	–
		B. regalis	Aguililla real	Pr	–	I	–
		Aquila chrysaetos	Águila real	A	–	R	–
Charadriiformes	Charadriidae	*Charadrius montanus*	Chorlo llanero	A	NT	R/I	–
	Scolopacidae	*Bartramia longicauda*	Zarapito ganga	–	–	T	–
		Numenius americanus	Zarapito pico largo	–	–	I	–
Strigiformes	Strigidae	*Athene cunicularia**	Tecolote llanero	Pr	–	R/I	–
		Asio otus	Búho cara café	–	–	R/I	–
		A. flammeus	Búho cuerno corto	Pr	–	I	–
Falconiformes	Falconidae	*Falco sparverius*	Cernícalo americano	–	–	R	–
		F. columbarius	Halcón esmerejón	–	–	I	–
		F. femoralis	Halcón fajado	A	–	ND	–
		F. mexicanus	Halcón mexicano	A	–	R	–

Cuadro 1. Continuación.

Orden	Familia	Especie	Nombre común	SEMARNAT 2010	UICN	Est.	End.
Passeriformes	Laniidae	*Lanius ludovicianus*	Alcaudón verdugo	–	–	R/I	–
	Alaudidae	*Eremophila alpestris*	Alondra cornuda	–	–	R/I	–
	Motacillidae	*Anthus rubescens*	Bisbita americana	–	–	I	–
		A. spragueii	Bisbita llanera	–	Vu	I	–
	Calcariidae	*Calcarius ornatus*	Escribano collar castaño	–	NT	I	–
		Rhynchophanes mccownii	Escribano de McCown	–	–	I	–
	Passerellidae (antes Emberizidae)	*Peucaea botterii*	Zacatonero de Botteri	–	–	R	–
		P. cassinii	Zacatonero de Cassin	–	–	R	–
		Spizella pallida	Gorrión pálido	–	–	I	–
		S. breweri	Gorrión de Brewer	–	–	I	–
		S. wortheni	Gorrión altiplanero	P	P	R	E
		Pooecetes gramineus	Gorrión cola blanca	–	–	I	–
		Chondestes grammacus	Gorrión arlequín	–	–	R	–
		Calamospiza melanocorys	Gorrión ala blanca	–	–	I	–
		Passerculus sandwichensis	Gorrión sabanero	–	–	I	–
		Ammodramus savannarum	Gorrión chapulín	–	–	I	–
		A. bairdii	Gorrión de Baird	–	–	I	S
		A. leconteii	Gorrión de Le Conte	–	–	O	–
	Cardinalidae	*Spiza americana*	Arrocero americano	–	–	T	–
	Icteridae	*Sturnella magna*	Pradero tortilla-con-chile	–	–	R	–
		S. neglecta	Pradero occidental	–	–	R	–

*Las subespecies son las que se encuentran en la NOM-059.
Pr: sujeta a protección especial; A: amenazada; P: en peligro de extinción; NT: cercana a amenazada; Vu: vulnerable; R: residente durante todo el año; V: residente durante el verano (reproducción); I: residente durante el invierno; T: transitoria durante la migración; O: ocasional; R/I: especie con poblaciones residentes e invernantes; ND: incierto; E: endémica; S: semiendémica.
Fuente: Garza de León *et al.* 2007, BCR y UANL 2007-2013, SEMARNAT 2010, UICN 2015, Chesser *et al.* 2017.



Figura 2. Pastizal dentro del Valle Colombia. Foto: bcr 2011.

La segunda surge como una extensión del gpca hacia el norte, con el propósito de incluir los pastizales asociados a la sierra El Carmen y valles adyacentes (inegi 2011).

En el Valle Colombia, durante el invierno, la cobertura promedio de pastos es de 53%, con una altura media de 40 cm (figura 2), y está compuesta por especies de diversos géneros, como *Bouteloua*, *Panicum*, *Aristida*, *Hilaria* y *Muhlenbergia*, entre otros. Asimismo, 2% de la cobertura del suelo son herbáceas, mientras que un 32% es suelo desnudo. La zona está constituida por propiedades privadas que se dedican primordialmente a la ganadería, con rotación de potreros y que han mantenido a los pastizales en buen estado de conservación.

En menor extensión existen áreas particulares donde se observa un avance de la vegetación leñosa, principalmente mezquites (*Prosopis* sp.). Alberga poblaciones de 15 especies de aves de pastizal, algunas residentes como los zacatoneros de Botteri (*Peucaea botterii*; Van Els *et al.* 2011) y otras migratorias invernantes como la bisbita llanera (*Anthus spragueii*; figura 3a), el escribano collar castaño (*Calcarius ornatus*) y los gorriones chapulín (*Ammodramus savannarum*; figura 3b), de Baird (*A. bairdii*), sabanero (*Passerculus sandwichensis*; figura 3c) y cola blanca (*Pooecetes gramineus*).

En la parte sureste de la entidad se encuentra parcialmente El Tokio, área que abarca las subprovincias Sierras Transversales, Pliegues Saltillo-Parras y Gran Sierra Plegada. De manera particular, la porción del gpca que se encuentra en el estado presenta una variedad de tipos de pastizales halófilos, gipsófilos, naturales e inducidos, mismos que son mantenidos principalmente por los perritos llaneros mexicanos (*Cynomys mexicanus*), al prevenir el avance de la vegetación leñosa (Weltzin *et al.* 1997).



Figura 3. Aves de pastizal en el Desierto Chihuahuense: a) bisbita llanera (*Anthus spragueii*); b) gorrión chapulín (*Ammodramus savannarum*); c) gorrión sabanero (*Passerculus sandwichensis*); d) alondra cornuda (*Eremophila alpestris*); e) gorrión de Worthen (*Spizella wortheni*); f) pradero común (*Sturnella magna*); g) alcaudón verdugo (*Lanius ludovicianus*). Fotos: a, b, f, g) José Hugo Martínez Guerrero; c, d) René Valdés Peña; e) Ricardo Canales.

Los pastizales del GPCA que se encuentran en Coahuila muestran, durante el invierno, coberturas promedio de pastos del 30% y una altura media de 13 cm, y se encuentran conformados por especies de los géneros *Bouteloua*, *Aristida*, *Dasyochloa* y *Sporobolus*, entre otros. La cobertura de herbáceas alcanza un promedio de 9%, mientras que el porcentaje de suelo desnudo es 54%.

Esta zona alberga 16 especies dependientes de pastizal y es especial por sus poblaciones residentes y migratorias de alondra cornuda (*Eremophila alpestris;* figura 3d), chorlo llanero (*Charadrius montanus*; González-Rojas *et al.* 2006) y gorrión altiplanero (*Spizella wortheni*, figura 3e; Canales del Castillo *et al.* 2010), ave endémica y en peligro de extinción (SEMARNAT 2010). Estos pastizales son el hogar de la mayor densidad de poblaciones invernantes en el DCH de la alondra cornuda (figura 3d), aguililla real (*Buteo regalis*) y bisbita llanera (figura 3a; Panjabi *et al.* 2013).

Amenazas para su conservación

Las principales amenazas en los pastizales del sureste del estado son la conversión del uso del suelo y la degradación mediante el sobrepastoreo de ganado. El proceso de la referida conversión afecta de manera diferencial a las aves de pastizal. Durante el invierno, algunas especies muestran altas densidades en áreas agrícolas, en particular, las alondras (figura 3d), gorriones sabaneros (figura 3c) y praderos de las especies *Sturnella magna* (figura 3f) y *S. neglecta*; mientras que otras son más sensibles al disturbio y no se observan normalmente en el paisaje agrícola, como la bisbita llanera (figura 3a; Ruvalcaba-Ortega *et al.* 2012).

Por su parte, diversas áreas de pastizal natural presentan sobrepastoreo, lo que provoca una modificación en la estructura del pastizal (<5 cm), pérdida de productividad y biodiversidad de los pastos, y que eventualmente pueden conducir a la pérdida de la cobertura vegetal, a la erosión o al avance de la vegetación leñosa y, por último, a la pérdida del pastizal.

El sobrepastoreo es observable en diversos ejidos del municipio de Saltillo, como Las Hormigas (Las Puyas), El Cercado (figura 4a) y Tanque de Emergencia. En estas zonas también son observables programas de reforestación mal encauzados, como la siembra de nopales (figura 4b) y agaves en pastizales, que debieran ser redirigidos hacia la restauración de pastizales sanos y funcionales. Los pastizales sobrepastoreados contrastan con áreas sin uso ganadero, como el predio que pertenece a la SMADU (figura 4c), al MAM (figura 4d) y especialmente con algunos potreros del Rancho Los Ángeles de la UAAAN (figura 4e).

Las aves de pastizal prefieren distintas coberturas y estructuras de éste (Knopf 1996); especies como la alondra cornuda y el chorlo llanero se encuentran en áreas que oscilan desde suelo desnudo hasta una baja cobertura y estructura de pastos, como se observa de manera natural en algunas colonias de perrito llanero o a través del sobrepastoreo del ganado en los pastizales naturales.

Por su parte, la mayoría de las especies se observan en coberturas y estructuras de moderadas a altas, como los gorriones de Baird y chapulín, y los zacatoneros de Cassin (*Peucaea cassinii*) y de Botteri (*P. botterii*). No obstante, estas condiciones son cada vez más escasas. Como consecuencia de estas amenazas, no sólo en el DCH, sino en toda Norteamérica, más de 75% de las especies de aves asociadas a este ecosistema se encuentran en declive (Sauer *et al.* 2014).

Acciones de conservación

Las aves de pastizal asociadas a este ecosistema representan un reto de conservación, no sólo por haber perdido, en algunos casos, más de 60% de sus poblaciones en los últimos 40 años (Sauer *et al.* 2014), sino por contar tanto con

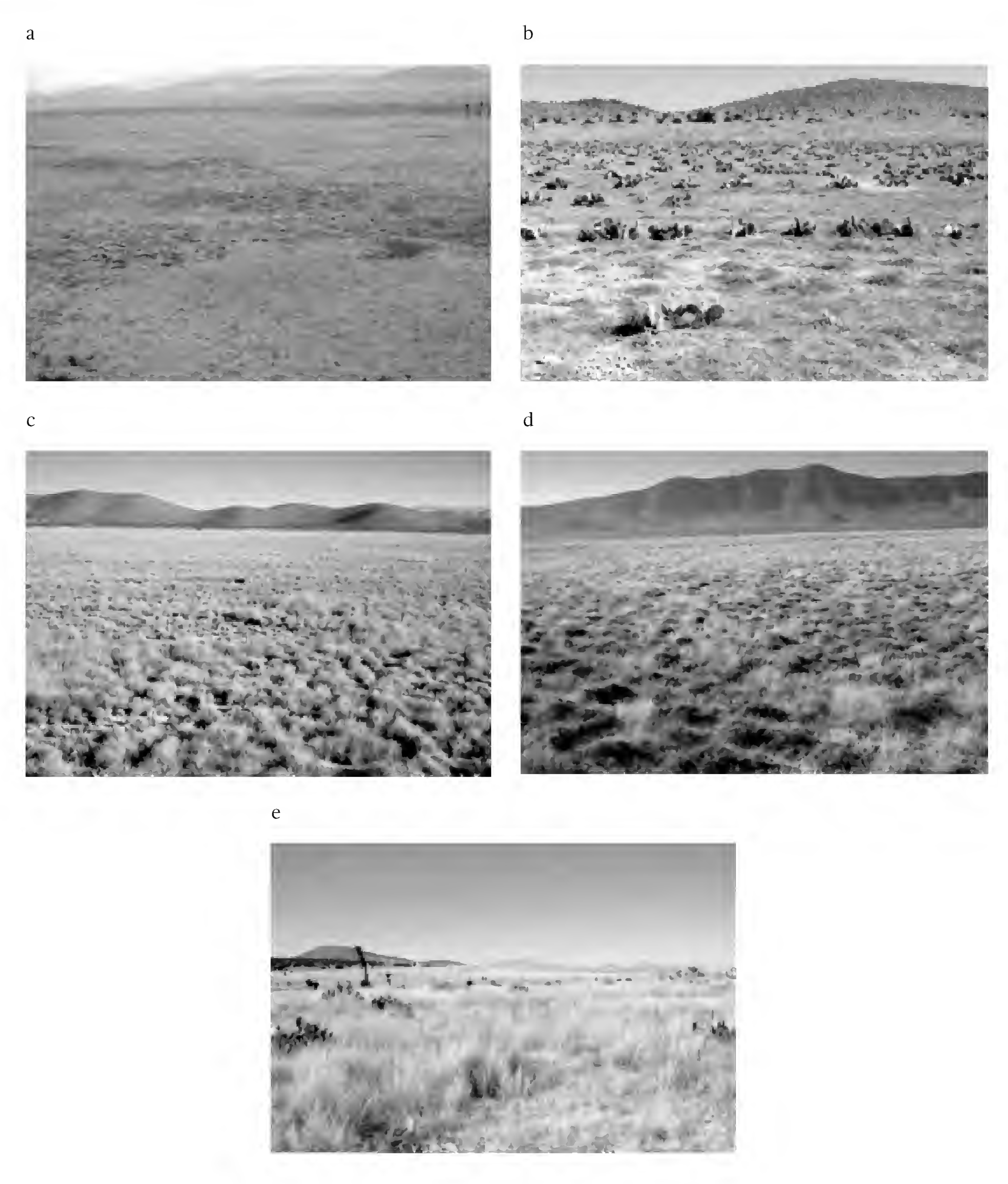


Figura 4. Pastizales dentro de la GPCA, conocida como El Tokio. En las figuras a y b se muestran pastizales que no han sido conservados: a) pastizal sobrepastoreado en el municipio de Saltillo; b) pastizal con cultivo de nopal en el municipio de Saltillo. En las figuras c, d y e se observan pastizales conservados: c) pastizal del predio de la SMADU, localizado en el ejido Guadalupe Victoria; d) pastizal de la Reserva La India del Museo de las Aves de México; e) pastizal del Rancho Los Ángeles, UAAAN. Fotos: a, c, d) BCR; b, e) Irene Ruvalcaba Ortega.

poblaciones residentes (que permanecen en un área todo el año), como con migratorias invernantes (que sólo se reproducen durante el verano en Estados Unidos de América y Canadá) y pasan al menos la mitad del año en los pastizales del DCH.

Hasta hace unos 10 años el conocimiento de este grupo de aves en la ecorregión era muy limitado, por lo que surgió un esfuerzo conjunto de diversas organizaciones internacionales (BCR por sus siglas en inglés, anteriormente conocido como RMBO) y nacionales (UANL), para realizar por siete años el monitoreo invernal de este grupo (2007-2013) en 16 GPCA del DCH. Cuatro de estas áreas se encuentran total o parcialmente en Coahuila y los muestreos incluyeron más de mil transectos de un kilómetro (Panjabi *et al.* 2013).

Lo anterior generó datos indispensables, como distribución y densidades regionales y anuales, preferencias de hábitat y amenazas (Panjabi *et al.* 2010, 2013, Macías-Duarte *et al.* 2011a). Asimismo, permitió la generación de un primer Plan de Conservación para las Aves de Pastizal del Desierto Chihuahuense, con recomendaciones específicas para favorecer las poblaciones de este grupo, como mantener la cobertura arbustiva menor a 5%, la cobertura de pastos cercana al 40% y la altura de pastizal entre 20 y 50 centímetros (Pool *et al.* 2012).

Como siguiente paso fue necesario ampliar el conocimiento a través de un monitoreo más intensivo, que permitiese estimar la supervivencia de estas aves durante el invierno, por lo que estas mismas organizaciones han llevado a cabo un estudio permanente desde el 2013 mediante el uso de radio-telemetría en diversos GPCA del DCH (se incluye Valle Colombia), lo que permitirá definir las condiciones óptimas de la vegetación para su supervivencia, principales amenazas específicas y su distribución espacial durante el invierno.

A la par, esfuerzos del gobierno estatal, a través de la SMADU, y de organizaciones no gubernamentales, como Pronatura Noreste, A.C., PROFAUNA, A.C., Especies, Sociedad y Hábitat, A.C. y el MAM, han protegido a más de 3 000 ha de pastizal en el sureste de Coahuila mediante diversos esquemas de conservación, como compras, usufructos, servidumbres ecológicas y reservas privadas y ejidales.

Conclusión

Es importante continuar con los esfuerzos de conservación a través de la investigación y protección de tierras, así como llevar a cabo acciones de educación ambiental y de capacitación de los dueños de la tierra para que hagan un uso sustentable de sus recursos naturales, de manera que sea compatible con la biodiversidad.

Con la pérdida de los pastizales naturales no sólo se pone en riesgo la biodiversidad de la zona, sino también otros servicios ecosistémicos invaluables, como forraje para ganado, secuestro de carbono, generación de suelo, prevención de la desertificación, mantenimiento del ciclo de nutrientes y regulación del clima (Sala y Paruelo 1997, World Resources 2000). Con un manejo sustentable, la actividad ganadera ha mostrado ser compatible con la conservación de las especies de aves de pastizal (Macías-Duarte *et al.* 2011b), por lo que puede representar una actividad económica viable.

Aún quedan incógnitas importantes en cuanto a las aves de pastizal y su vulnerabilidad ante el cambio climático, su supervivencia invernal tanto en pastizales naturales como en zonas agrícolas, un posible efecto negativo por su exposición a pesticidas y su respuesta a programas de manejo y restauración de pastizales que, al resolverse, permitirán tomar mejores decisiones y proponer acciones específicas para su conservación.

Referencias

BCR y UANL. 2007-2013. Base de datos del monitoreo de aves de pastizal invernando en el Desierto Chihuahuense. México (inédito).

Canales del Castillo, R., J.I. González-Rojas, I. Ruvalcaba-Ortega y A. García-Ramírez. 2010. New breeding localities of the Worthen's sparrow in northeastern Mexico. *Journal of Field Ornithology* 81(1):5-12.

CEC y TNC. Commission for Environmental Cooperation y The Nature Conservancy. 2005. *North american central grasslands priority conservation areas: technical report and documentation*. CEC/TNC, Quebec.

Chesser, T. K. Burns, C. Cicero *et al*. 2017. Fifty-eighth supplement to the American Ornithological Society's Check-list of north american birds. *Auk* 134:751-773.

Dinerstein, E, D. Olson, J. Atchley *et al*. 2000. *Ecoregion-based conservation in the Chihuahuan Desert: a biological assessment*. WWF/CONABIO/TNC/Pronatura Noreste, A.C./ITESM.

Estrada-Castillón, E., L. Scott-Morales, J.A. Villarreal-Quintanilla *et al*. 2010. Clasificación de los pastizales halófilos del noreste de México asociados con perritos de la pradera (*Cynomys mexicanus*): diversidad y endemismo de especies. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 81:401-416.

Garza de León, A., I. Morán, F. Valdés y R. Tinajero. 2007. Coahuila. En: *Avifaunas estatales de México*. R. Ortiz-Pulido, A. Navarro-Sigüenza, H. Gómez de Silva *et al*. (eds.). CIPAMEX, México.

González-Rojas, J.I., M.A. Cruz-Nieto, O. Ballesteros-Medrano e I. Ruvalcaba-Ortega. 2006. First breeding record of a mountain plover in Nuevo Leon, Mexico. *The Wilson Journal of Ornithology* 118:81-84.

INEGI. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. 1996. Carta de uso del suelo y vegetación, 1:250 000. Serie II. INEGI, México.

UICN. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. 2015. IUCN Red list of threatened species. Versión 2015-4. En: <*www.iucnredlist.org*>, última consulta: 3 de marzo de 2016.

Knopf, F.L. 1996. Prairie legacies-birds. En: *Prairie conservation: preserving North America's most endangered ecosystem*. F.B Samson y F.L. Knopf (eds.). Island Press, EUA, pp. 135-48.

Macías-Duarte, A., A.O. Panjabi, D. Pool *et al*. 2011a. *Wintering grassland bird density in Chihuahuan Desert grassland priority conservation areas, 2007-2011*. RMBO Technical Report IEO-TROP-MXPLAT-10-2. RMBO, Brighton.

Macías-Duarte, A., A.O. Panjabi y C. E. Aguirre Calderón. 2011b. *Compartiendo sus agostaderos con las aves del pastizal*. RMBO, EUA.

Panjabi, A.O., A. Macías-Duarte, I. Ruvalcaba-Ortega *et al*. 2013. *Where do grassland birds winter? Density, abundance and distribution of wintering grassland passerines in the Chihuahuan Desert*. CEC, Canadá.

Panjabi, A.O., E. Youngberg y G. Levandoski. 2010. *Wintering grassland bird density in Chihuahuan Desert grassland priority conservation areas, 2007-2010*. RMBO Technical Report I-TROP-MXPLAT-08-03. RMBO, Brighton.

Pool, D.B., A. Macías-Duarte, A.O. Panjabi *et al*. 2012. *Chihuahuan Desert grassland bird conservation plan, version 1.0*. RMBO, Brighton, Colorado. RMBO Technical Report I-RGJV-11-01. RMBO, Brighton.

Pool, D.B. y A.O. Panjabi. 2011. *Assessment and revisions of North American grassland priority conservation areas*. Background paper. CEC, Canadá.

Ruvalcaba-Ortega, I., J. Allen-Bobadilla y J.I. González-Rojas. 2012. Aves de pastizal invernando en áreas agrícolas de la región El Tokio. Reporte técnico final. México (inédito).

Sala, O. y J. Paruelo. 1997. Ecosystem services in grasslands. En: *Nature's services: societal dependence on natural ecosystems*. G. Daily (ed). Island Press, EUA.

Sauer, J.R., J.E. Hines, J.E. Fallon *et al*. 2014. The north american breeding bird survey, results and analysis 1966-2012. Version 02.019.2014. USGS Patuxent Wildlife Research Center, Laurel.

Treviño-Villarreal, J. y W.E. Grant. 1998. Geographic range of the endangered mexican prairie dog (*Cynomys mexicanus*). *Journal of Mammalogy* 79:1273-1287.

Valdés-Reyna, J. 2015. *Gramíneas de Coahuila*. CONABIO, México.

Van Els, P., R. Canales del Castillo y J. Klicka. 2011. Botteri's sparrow (*Peucaea botterii*) occurs in northern Coahuila, Mexico. *The Wilson Journal of Ornithology* 123(2):414-416.

Weltzin, J.F., S. Archer y R.K. Heitschmidt. 1997. Small-mammal regulation of vegetation structure in a temperate savanna. *Ecology* 78:751-763.

World Resources 2000-2001. 2000. *People and ecosystems: the fraying web of life*. World Resources Institute (WRI)/The United Nations Development Programme (UNDP)/The United Nations Environment Programme (UNEP)/The World Bank (WB), EUA.

La cotorra serrana oriental

Sonia Gabriela Ortiz Maciel y Ernesto Christian Enkerlin Hoeflich

Introducción

México tiene dos especies residentes de cotorras del género *Rhynchopsitta*: la serrana occidental (*R. pachyrhyncha*) y la serrana oriental (*R. terrisi*). La segunda es conocida localmente como "guacamaya" o "guacamaya enana" (Enkerlin-Hoeflich *et al.* 1999). Es una especie única y endémica de los bosques templados del norte de México. Las estimaciones de los años setenta mencionan que la población de cotorras era de entre 3 000 y 4 000 individuos (Lawson y Lanning 1981), y conteos recientes indican una población de 3 500 individuos (Valdés-Peña *et al.* 2008).

Descripción

La cotorra serrana oriental (*R. terrisi*; figura 1) es un ave que mide de 40 a 45 cm, que presenta plumaje verde en la mayor parte de su cuerpo, salvo por una franja marrón en la frente y un tono rojo en los hombros y en la parte inferior de las patas. Además tiene anillo ocular amarillo y pico negro. Se alimenta principalmente de semillas de pino, bellotas de encinos y flores y frutos de agave.



Figura 1. Pareja de cotorras serranas (*Rhynchopsitta terrisi*). Foto: Oscar Gehú Paz Tovar.

Ortiz-Maciel, S.G. y E.C. Enkerlin-Hoeflich. 2018. La cotorra serrana oriental. En: *La biodiversidad en Coahuila. Estudio de Estado*, vol. II. CONABIO/Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza, México, pp. 385-389.

Se ha documentado que esta especie también se alimenta de arcilla, esto último podría ayudar en la absorción de toxinas o como neutralizador de los ácidos presentes en las semillas que consume (Lawson y Lanning 1981, Enkerlin-Hoeflich *et al.* 1999, Valdés-Peña *et al.* 2008). La época de anidación coincide con la producción de semillas de pino, por lo general hacia fines del verano y otoño, a diferencia de la mayoría de las aves, cuyo ciclo reproductivo comienza en primavera.

La cotorra serrana oriental tiene hábitos sociales de anidación y tendencia a habitar en el mismo lugar año tras año. La anidación se realiza en cavidades y grietas de los riscos de piedra caliza, donde se ubican en una o varias paredes separadas a no más de 1 km de distancia. Una colonia de anidación ha sido definida como un grupo de una o más parejas de cotorras serranas, las cuales pueden ser identificadas por sus ruidosas vocalizaciones (Macías-Caballero 1998).

Debido a la gran altura de las paredes (algunas alcanzan más de 200 m) y a la profundidad de los nidos hacia el interior de la pared, no ha sido posible tener acceso directo a éstos. Por ese motivo se ha realizado el monitoreo de la época reproductiva de manera indirecta, mediante impresiones de las fotos a color que se toman de los riscos; se marcan las cavidades usadas por las cotorras con un código único de identificación (Macías-Caballero 1998) y se registra en los formatos de campo la actividad de las colonias en las cavidades.

Estas observaciones se realizan con binoculares o telescopios y sugieren que la postura de huevos se lleva a cabo entre julio y agosto, la eclosión entre agosto y septiembre y la salida de los pollos de los nidos entre octubre y noviembre (Valdez-Juárez 2006).

Una vez que los volantones (individuos juveniles) abandonan el nido, las cotorras serranas migran a la parte sureña de Nuevo León y Tamaulipas, dentro su rango de distribución, también conocido como rango invernal (Lawson y Lanning 1981, Enkerlin-Hoeflich *et al.* 1999).

Distribución

Esta especie es endémica de México. Su rango de distribución conocido es relativamente corto (300 km) y se encuentra limitado a una pequeña región de la Sierra Madre Oriental que se extiende desde las inmediaciones de Monterrey y Saltillo hacia la Reserva de la Biosfera de El Cielo, en Tamaulipas. No obstante, Navarro-Sigüenza y Peterson (2007) consideran que la cotorra serrana presenta una distribución potencial más amplia (figura 2). En Coahuila su alcance se encuentra limitado a la parte montañosa de la Sierra Madre Oriental que incluye la sierra de Arteaga, ubicada en la subprovincia fisiográfica Gran Sierra Plegada (Enkerlin-Hoeflich *et al.* 1999).

Monitoreo de colonias de anidación

Las primeras colonias reportadas datan del año 1978 (Lawson y Lanning 1981). Posteriormente otras fueron encontradas por investigadores del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM) y de la UAAAN; actualmente se tiene el registro de 28 colonias de anidación.

El Taray (municipio de Arteaga, Coahuila) y Los Condominios (municipio de Santiago, Nuevo León), consideradas las principales colonias de anidación, han sido monitoreadas intensamente hacia la última etapa de la época reproductiva (octubre y noviembre) mediante observaciones que se realizan desde el amanecer hasta el atardecer, con el fin de registrar la salida de los volantones, los cuales pueden ser identificados por sus picos blanquecinos y su torpe vuelo (Lawson y Lanning 1981, Macías-Caballero 1998).

Entre los logros del ITESM destacan el haber identificado y protegido a El Taray, una de las

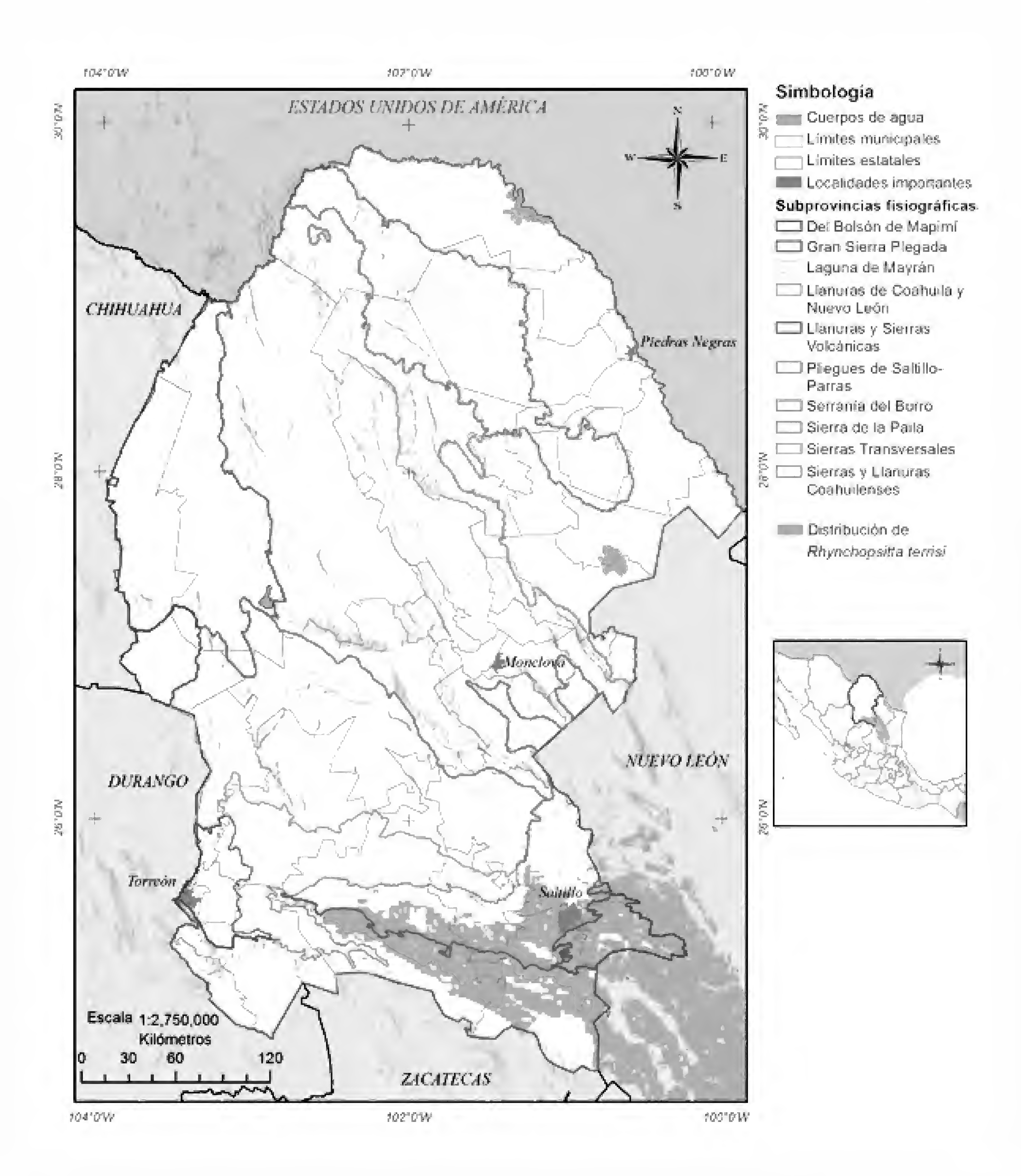


Figura 2. Distribución potencial de la cotorra serrana oriental. Fuente: elaboración propia con base en Navarro-Sigüenza y Peterson 2007.

áreas de anidación más importantes de la especie. Esta reserva privada está catalogada como santuario y cuenta con 350 ha de bosque de coníferas, se encuentra en un área montañosa en el municipio de Arteaga, Coahuila, adyacente al Parque Nacional Cumbres de Monterrey, en Nuevo León. Oficialmente pertenece a CONABIO y el MAM en Saltillo es el responsable de su administración (Macías-Caballero 1998).

Este espacio se adquirió con el fin de proteger el hábitat, además de realizar actividades de educación, investigación y ecoturismo. En marzo de 2006 un incendio destruyó 545 ha de árboles (CONAFOR 2006a, b) y afectó más de 70% del santuario (Manzano 2006). Previo a este evento, El Taray era la colonia que más pollos producía, sin embargo, después del incendio, la colonia de Los Condominios presentó un incremento en la productividad de volantones, con un mayor número de pollos que El Taray (Ortiz-Maciel *et al.* 2014).

La razón de este cambio podría deberse al incendio ocurrido. A pesar de ello, la reducción de cotorras en El Taray fue menor a lo esperado y la colonia de Los Condominios presentaba una tendencia a la alza aun antes del incendio (Ortiz-Maciel *et al.* 2014).

Con base en estudios de telemetría, se determinó que la cotorra serrana puede viajar en un día hasta 27 km y que sus hábitats preferidos son los bosques de *Pinus-Abies-Pseudotsuga* y los de *Pinus* (Ortiz-Maciel *et al.* 2010).

Estado de conservación

En México la cotorra serrana oriental está catalogada como en peligro de extinción de acuerdo con la norma oficial mexicana NOM-059 (SEMARNAT 2010). Se encuentra enlistada en el Apéndice I de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) y los conservacionistas han enfatizado la necesidad de protegerla en el Global Parrot Action Plan de la UICN (Snyder *et al.* 2000).

Amenazas

Después de 18 años de estudio (1995-2012) se ha obtenido un mejor conocimiento de la biología y ecología de la cotorra serrana. Los datos recopilados por el ITESM indican la susceptibilidad de la especie a los eventos naturales e inducidos por el ser humano, como son los incendios, la destrucción del bosque para la industria maderera y la conversión de áreas boscosas a usos agrícolas, especialmente huertas de manzana (Enkerlin-Hoeflich *et al.* 1999).

La mayoría de los bosques de coníferas de la región presentan una escasa o nula regeneración una vez que han sido destruidos y reemplazados por encinos enanos (chaparral), los cuales presentan poco valor para la cotorra serrana (Ortiz-Maciel *et al.* 2010).

Aunado a esto, si se consideran las tendencias actuales del cambio climático, la probabilidad de ocurrencia de incendios en el futuro podría incrementarse y afectar la disponibilidad de alimento para esta especie (Dore 2005).

Acciones de conservación

Resulta importante cuidar los bosques de coníferas mediante la prevención de los incendios forestales. Con ello se favorecerá la permanencia de la cotorra serrana a largo plazo. Es necesario proteger las colonias de anidación, pues la actividad reproductiva de la especie podría estar interconectada como una red entre todas las colonias, de manera que existan diversas alternativas para la anidación en caso de presentarse

algunos eventos catastróficos, como los huracanes e incendios que ocurren en la Sierra Madre Oriental (Ortiz-Maciel *et al.* 2014).

Los esfuerzos de conservación podrían incrementarse mediante programas de restauración, al usar pinos piñoneros que son resistentes a las temperaturas extremas (Robert 1977). La conservación de estos bosques traería impactos positivos adicionales a través de la provisión de servicios ecológicos, como la recarga de acuíferos, la captura de carbono o el turismo de aventura, los cuales contribuirían a mejorar la calidad de vida de los habitantes locales.

Conclusiones

Los datos generados por el ITESM durante este periodo muestran la dinámica en las colonias de anidación de la cotorra serrana, al indicar que es susceptible a los procesos naturales estocásticos y a los desastres causados por el ser humano (Ortiz-Maciel *et al.* 2014). Resulta importante destacar el nexo que existe entre la preservación del hábitat y la prevención de los incendios en el rango de distribución de la cotorra, con el fin de asegurar la viabilidad a largo plazo de esta especie. Sin embargo, para lograr la conservación exitosa de los bosques y de la cotorra serrana, es necesario incluir estrategias que mejoren la calidad de vida de la gente local.

Referencias

CONAFOR. Comisión Nacional Forestal. 2006a. Reporte especial B-05/2006. En: <*http://www.conafor.gob.mx/portal/docs/secciones/comunicacion/B-052006.pdf*>.

——. 2006b. Reporte especial B-12/2006. En: <*http://www.conafor.gob.mx/portal/docs/secciones/comunicacion/B-122006.pdf*>.

Dore, M.H.I. 2005. Climate change and changes in global precipitation patterns: what do we know? *Environment International* 31:1167-1181.

Enkerlin-Hoeflich, E.C., C. Macías-Caballero, T. Monterrubio-Rico *et al.* 1999. *Status, distribución, ecología y conservación de las cotorras serranas (Rhynchopsitta pachyrhyncha y R. terrisi) en el norte de México*. Reporte final. Proyecto Q050 presentado a CONABIO. Monterrey.

Lawson, P.W. y D.V. Lanning. 1981. Nesting and status of the maroon-fronted parrot (*Rhynchopsitta terrisi*). En: *Conservation of new world parrots parrot working group meeting, St. Lucia*. R.F. Pasquier (ed.). Smithsonian Institution Press, Washington, pp. 385-392.

Macías-Caballero, C.M. 1998. *Comportamiento de anidación y monitoreo de la productividad de las colonias de la cotorra serrana oriental (Rhynchopsitta terrisi) en el norte de México*. Tesis de maestría. ITESM, Monterrey.

Manzano, M. 2006. *Diagnóstico de daños por incendios forestales del predio El Taray, municipio de Arteaga, Coahuila*. Reporte técnico presentado a CONABIO. ITESM/CCA, Monterrey.

Navarro-Sigüenza, A.G. y A.T. Peterson. 2007. *Rhynchopsitta terrisi* (cotorra serrana oriental). Distribución potencial, escala: 1:1 000 000. Proyecto CE015, extraído del proyecto CE015: Mapas de las aves de México basados en web. Museo de Zoología Facultad de Ciencias-UNAM/Museum of Natural History University of Kansas (KU), México.

Ortiz-Maciel, S.G., C. Hori-Ochoa y E.C. Enkerlin-Hoeflich. 2010. Maroon-fronted parrot (*Rhynchopsitta terrisi*) breeding home range and habitat selection in the northern Sierra Madre Oriental, Mexico. *Wilson Journal of Ornithology* 122:513-517.

Ortiz-Maciel, S.G., A. Salinas-Melgoza, S.O. Valdez-Juárez *et al.* 2014. Influence of stochastic processes and catastrophic events on reproductive dynamics of the endangered maroon-fronted parrot (*Rhynchopsitta terrisi*). *IBIS* 156(2):299-310.

Robert, M.F. 1977. Notas sobre el estudio ecológico y fitogeográfico de los bosques de *Pinus cembroides* Zucc. en México. *Revista de Ciencias Forestales de México* 10:49-58.

SEMARNAT. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el DOF. Texto vigente.

Snyder, N., P. McGowan. J. Gilardi y A. Grajal. 2000. *Parrot. Status survey and conservation. Action Plan 2000-2004*. UICN, Cambridge.

Valdés-Peña, R.A., S.G. Ortiz-Maciel, S.O. Valdez-Juárez *et al.* 2008. Use of clay licks by maroon-fronted parrots (*Rhynchopsitta terrisi*) in northern Mexico. *Wilson Journal of Ornithology* 120:176-180.

Valdez-Juárez, S.O. 2006. *Caracterización de la biología reproductiva de la cotorra serrana oriental y desarrollo de técnicas para la detección de nidos exitosos*. Tesis de maestría. ITESM, Monterrey.

Monitoreo de las poblaciones de aves de la Zona Sujeta a Conservación Ecológica Sierra de Zapalinamé

Sergio Carlos Marines Gómez y Rafael Humberto Cárdenas Ollivier

Introducción

La sierra de Zapalinamé fue decretada en 1996 zona sujeta a conservación ecológica (ZSCE) por el Gobierno del Estado de Coahuila. Esto se debió a la gran importancia que posee al proveer más de 70% del agua potable que se consume en la ciudad de Saltillo (figura 1). Con este decreto (Gobierno del Estado 1996) se buscó proteger una superficie de 25 768 ha en el sureste de Coahuila, que ocupa parte de los municipios de Saltillo y Arteaga. En ese mismo año se nombró a PROFAUNA como la instancia encargada de implementar el programa de manejo, e inició actividades en mayo de 1997.

Dentro de las acciones que realiza esta asociación civil en el ANP, están las dirigidas a la de investigación y monitoreo de diferentes variables y especies de importancia en la región. El monitoreo de aves es relevante, ya que arroja indicadores del estado de conservación de los distintos hábitats en el área.

A través del registro de especies durante 13 años, se logró conocer la diversidad y distribución de aves en la sierra de Zapalinamé, se determinó la abundancia relativa de las especies, su estacionalidad y asociación con los tipos vegetales presentes en el ANP (figura 2).



Figura 1. Vista de la ciudad de Saltillo desde El Penitente. Foto: Edhy Francisco Álvarez García.

Diversidad de aves

Las especies de aves que se reportan en el presente capítulo se registraron entre el 2002 y el 2015,

---

Marines-Gómez, S.C. y R.H. Cárdenas-Ollivier. 2018. Monitoreo de las poblaciones de aves de la Zona Sujeta a Conservación Ecológica Sierra de Zapalinamé. En: *La biodiversidad en Coahuila. Estudio de Estado*, vol. II. CONABIO/Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza, México, pp. 391-399.



Figura 2. Vista panorámica de la sierra de Zapalinamé. Foto: Sergio Carlos Marines Gómez.

en 92 estaciones fijas ubicadas cada 500 m, en 13 transectos de longitud variable, establecidos en 13 comunidades vegetales (cuadro 1, figura 3). Las estaciones son visitadas cuatro veces al año, durante cada cambio de estación. Los guardaparques permanecen aproximadamente 10 minutos en cada una de ellas y registran las especies por observación directa o por cantos en un radio aproximado de 100 m. Para la identificación de especies se usaron principalmente las guías de campo de Garza de León (2003) y National Geographic Society (2004).

La información se analizó con el propósito de conocer la asociación de las especies con las comunidades vegetales, su estacionalidad y abundancia, y se midió la biodiversidad mediante los índices de riqueza específica (S), de Shannon-Wiener (H) y de equitatividad (E). Los datos de especies se incorporaron al registro del listado avifaunístico (apéndice 27), mismo que se inició a partir de los registros en el ANP.

La abundancia de las especies se dividió en seis categorías: muy alta, alta, media, baja, muy baja y única; se calculó con la fórmula $Pi=Ni/N$, donde Pi es la abundancia de una especie determinada, Ni es el número de individuos de cada especie y N es la suma de individuos de todas las especies presentes en la muestra.

Para la estacionalidad se consideraron tres categorías: residente, especie observada en tres o en las cuatro estaciones del año; migratoria, especie observada en una o dos estaciones del año; y eventual, especies que no se observan anualmente y por lo regular en número de uno a nueve individuos.

La relación de la avifauna con la vegetación se determinó al considerar la abundancia de las especies en cada comunidad vegetal, las cuales se determinaron en las estaciones fijas presentes en los transectos.



Riqueza

Como resultado del monitoreo, en las estaciones fijas se realizaron 16 652 registros de 190 especies, pertenecientes a 17 órdenes, 48 familias y 124 géneros (apéndice 27); el orden más diverso es el Passeriformes, con 26 familias, 75 géneros y 123 especies. La familia Passerellidae es la que cuenta con mayor número de géneros (13), los cuales incluyen 21 especies. Los géneros de aves con mayor número de especies son: *Setophaga*, con siete especies, y *Empidonax*, *Buteo* y *Spizella*, con seis especies respectivamente (apéndice 27).

Con base en el listado general del ANP, que consta de 241 especies, en los transectos se ha registrado 89.5% de los órdenes (17 de 19), 88.9% de las familias (48 de 54), 81.6% de los géneros (124 de 152) y 78.8% (190 de 241) de las especies. Cabe mencionar que la diferencia en la cantidad de especies (51) entre el listado general y los transectos se debe a que en el primero se incluyen observaciones no sistemáticas realizadas por los guardaparques en cualquier sitio del área.

De acuerdo con Garza de León *et al.* (2007), en Coahuila se cuenta con un registro de 398 especies,[1] 61% (241) han sido observadas por lo menos una vez dentro del ANP y 47.7% (190) han sido registradas como parte de este proyecto. Por otro lado, 16.5% y 1.7% de las 1 150 y 10 615 especies presentes en México y en el mundo, respectivamente (Gill y Donsker 2016), han sido observadas en las evaluaciones realizadas en este proyecto.

Los índices de diversidad que se obtuvieron para el ANP son: riqueza especifica (S) con 241 especies, índice de Shannon-Wiener (H) de 3.83 y un índice de equitatividad (E) de 0.73.

---

[1] Para consultar datos actualizados sobre la diversidad del grupo se sugiere consultar los capítulos correspondientes en esta misma obra.

Cuadro 1. Características de los transectos de observación de aves.

No.	Nombre del transecto	Año de establecimiento	Número de estaciones	Longitud (km)	Tipos y comunidades de vegetales
1	Calabacillas	2012	6	3.0	Bosque de coníferas Matorral desértico rosetófilo Matorral submontano
2	Cañón Boca Negra	2002	6	3.0	Bosque de coníferas Bosque de encino
3	Cañón de San Lorenzo	2004	6	3.0	Bosque de encino Matorral submontano
4	Chapultepec	2002	13	6.5	Área agrícola Bosque de pino Plantación forestal Transición área agrícola-bosque de pino
5	Cuauhtémoc	2002	13	6.5	Bosque de encino Bosque de pino Pastizal en bosque de pino Transición área agrícola-bosque de pino
6	El Penitente	2007	6	3.0	Bosque de coníferas Bosque de encino Matorral submontano Pastizal en bosque de pino
7	La Angostura	2012	6	3.0	Área agrícola Vegetación riparia
8	La Encantada	2008	6	3.0	Matorral desértico rosetófilo Matorral submontano Pastizal
9	Las Norias	2013	6	3.0	Bosque de pino Matorral submontano
10	Los Chorros	2006	6	3.0	Vegetación riparia
11	Los Elotes	2013	6	3.0	Área agrícola Bosque de pino Bosque de pino encino Plantación forestal
12	Prado Grande	2013	6	3.0	Bosque de pino Bosque de pino encino
13	Santa Teresa	2005	6	3.0	Matorral desértico micrófilo Matorral desértico rosetófilo

Fuente: elaboración propia con datos del proyecto.

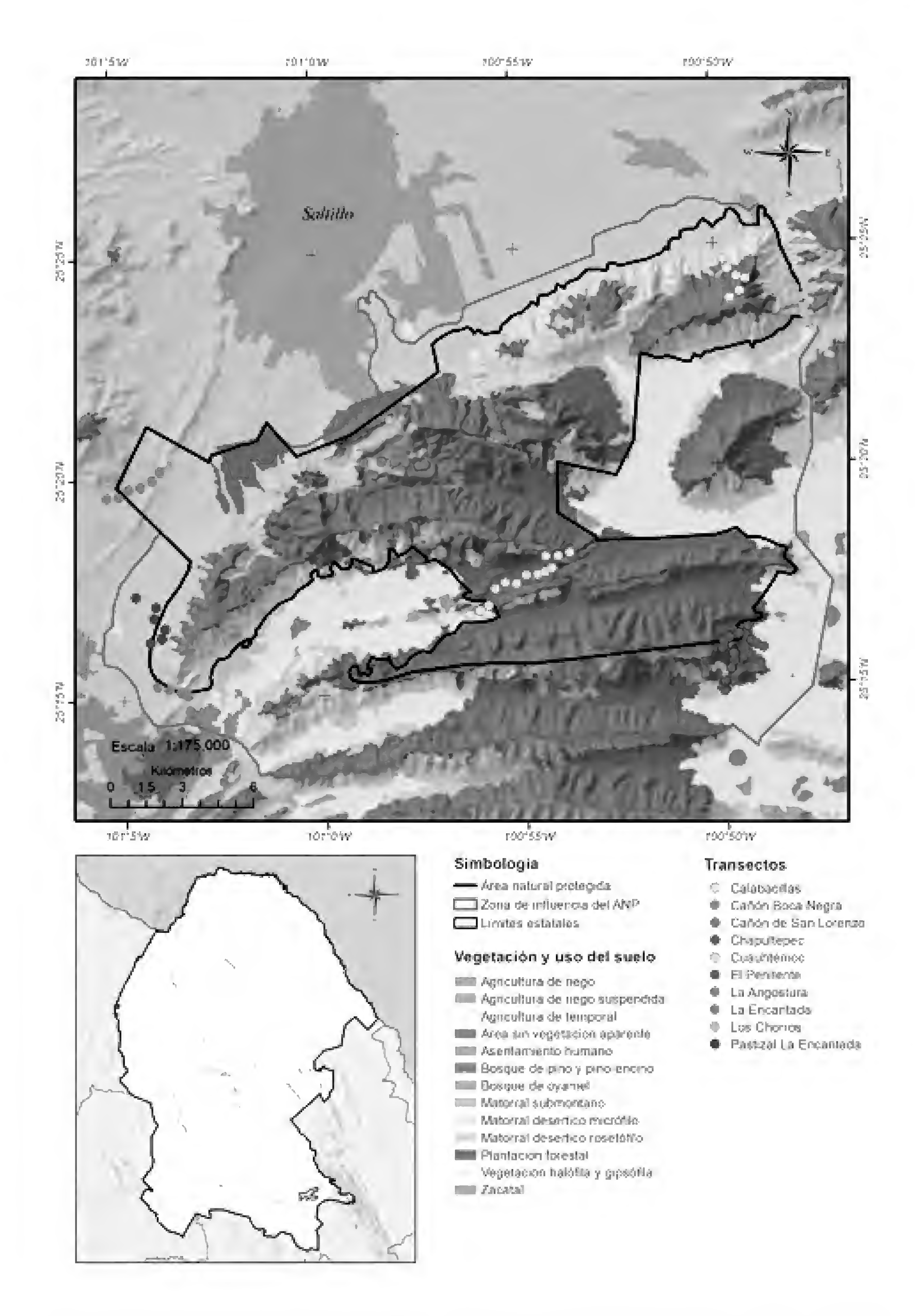


Figura 3. Localización del ANP Sierra de Zapalinamé y distribución de los transectos de observación de aves por tipo de vegetación. Fuente: elaboración propia con datos de CETENAL 1977.
Nota: El mapa fue construido con la capa de vegetación del SIGMAPLAN, el cual está elaborado a una escala de 1:250 000; por tal motivo, algunos de los tipos de vegetación mencionados en los cuadros no aparecen. Tal es el caso de la vegetación riparia, que está incluida como parte del matorral submontano o el bosque de pino, pastizal en bosque de pino, bosque de pino-encino y bosque de encino, los cuales están incluidos en el mapa como bosque de pino y pino-encino.

Abundancia

En el trascurso de los 13 años de evaluación se registraron 43 307 individuos pertenecientes a 190 especies, las cuales se clasificaron en seis categorías (cuadro 2). De ellas, la categoría baja fue la que tuvo mayor cantidad de especies y alcanzó 35% de los registros, le siguen la categoría muy baja con 21% y la alta con 16%.

Del total de especies registradas en los transectos, 18 están en alguna categoría de la norma oficial mexicana (semarnat 2010; apéndice 27). Dos de ellas, del género *Falco*, están en la categoría de abundancia única.

Estacionalidad

De las 190 especies registradas en los transectos, 122 son residentes, lo que representa 64% del total, y en 53% no se observó tendencia a incrementar en ninguna estación del año. Por otra parte, 47% mostró un incremento significativo de individuos en alguna estación en particular, 13% incrementó en verano, 16% en primavera, 7% en otoño y 9% en invierno. Dos especies mostraron aumentos en sus poblaciones en dos estaciones del año: el chipe trepador (*Mniotilta varia)*, en primavera-verano, y dominico (*Spinus pinus*), en otoño-invierno.

Se encontraron ocho especies migratorias (4%): dos de primavera-verano, tres de verano, dos de otoño y una más de otoño-invierno. De las especies registradas, 60 (32%) fueron clasificadas como eventuales, es decir que, debido al reducido número de avistamientos, no fue posible determinar si se trataba de una especie residente o migratoria.

Especies y vegetación

El tipo de vegetación en el que se registró el mayor número de especies fue el bosque de pino con 119 (63%), seguido por la vegetación riparia 115 (61%) y bosque de encino 113 (59%). No obstante, al estimar el índice de Shannon-Wiener para cada uno de los tipos donde se realizaron observaciones, el valor mayor lo obtuvo el matorral desértico rosetófilo con 3.63 nats[2] (cuadro 3).

Los tipos de vegetación en los que se observó menor número de especies fueron: bosque de pino-encino con 40 y pastizal con 33. De aquellas especies donde todos los avistamientos fueron en un solo tipo de vegetación, sobresale la

[2] Un nat es una unidad logarítmica de información basada en logaritmos naturales.

Cuadro 2. Categorías de abundancia de las especies registradas.

Categoría	Número de especies	Ejemplo
Muy alta	10	Pájaro azul (*A. wollweberi*, figura 4), con aproximadamente 6 mil individuos observados
Alta	30	Paloma huilota (*Zenaida macroura*), con una abundancia de 0.02
Media	23	Halcón cola roja (*Buteo jamaicensis*), con una abundancia de 0.005
Baja	67	Pico gordo azul (*Passerina caerulea*), con un valor de 0.002
Muy baja	40	El saltapared pantanero (*Cistothorus palustris*), con una abundancia de 0.00020
Única*	20	Halcón fajado y mexicano (*Falco femoralis* y *F. mexicana*)

*Se incluyen todas las especies de las que sólo se observó un individuo en el transcurso del proyecto, sin descartar que exista un mayor número de avistamientos de algunas de las especies fuera del transecto.
Fuente: elaboración propia con datos obtenidos del proyecto.

vegetación riparia con 11 especies, de las cuales nueve son consideradas eventuales en el área.

De acuerdo con el número de estaciones donde fueron observadas, y al tener en cuenta que existen registros de ellas en todos los tipos de vegetación, las especies de más amplia distribución son (cuadro 4): chirivín cola oscura (*Thryomanes bewickii*), carpintero de pechera (*Colaptes auratus*), colibrí cola ancha (*Selasphorus platycercus*; figura 5), cuervo grande (*Corvus corax*; figura 6) y rascador (*Pipilo maculatus*).



Figura 4. Pájaro azul (*Aphelocoma wollweberi*), en el área recreativa Chapultepec. Foto: Sergio Carlos Marines Gómez.

Cuadro 3. Índice de Shannon-Wiener por tipo de vegetación.

Clave	Tipo de vegetación	Número de especies	Índice de diversidad de Shannon-Wiener (nats)	Índice de equitatividad (E)
MDR	Matorral desértico rosetófilo	100	3.63	0.79
MDM	Matorral desértico micrófilo	82	3.62	0.82
AA	Área agrícola	91	3.61	0.80
VR	Vegetación riparia	116	3.60	0.75
P	Pastizal	64	3.30	0.79
BP	Bosque de pino	120	3.19	0.66
BE	Bosque de encino	114	3.19	0.67
PBP	Pastizal en bosque de pino	92	3.16	0.70
BPE	Bosque de pino encino	40	3.15	0.85
T-BP-AA	Zona de transición entre bosque de pino y área agrícola	85	3.10	0.69
BC	Bosque de coníferas	79	3.05	0.69
PF	Plantación forestal	66	3.02	0.72
MS	Matorral submontano	102	3.00	0.64

Fuente: elaboración propia con datos del proyecto.

Cuadro 4. Especies de mayor distribución en el ANP.

No.	Orden	Familia	Nombre científico	Nombre común	Número de transectos
1	Passeriformes	Troglodytidae	*Thryomanes bewickii*	Chirivín de cola oscura	70
2	Apodiformes	Trochilidae	*Selasphorus platycercus*	Colibrí coliancho	66
3	Piciformes	Picidae	*Colaptes auratus*	Carpintero de pechera	66
4	Passeriformes	Aegithalidae	*Psaltriparus minimus*	Mito de arbustos	65
5	Passeriformes	Corvidae	*Corvus corax*	Cuervo	63
6	Passeriformes	Passerellidae	*Pipilo maculatus*	Rascador maculoso	63
7	Accipitriformes	Accipitridae	*Buteo jamaicensis*	Halcón cola roja	60
8	Accipitriformes	Cathartidae	*Cathartes aura*	Aura	57
9	Passeriformes	Corvidae	*Aphelocoma wollweberi*	Pájaro azul	57
10	Columbiformes	Columbidae	*Zenaida macroura*	Paloma huilota	56

Fuente: elaboración propia con datos del proyecto.



Figura 5. Hembra de colibrí cola ancha (*Selasphorus platycercus*), en el área recreativa Chapultepec. Foto: Sergio Carlos Marines Gómez.



Figura 6. Cuervo grande (*Corvus corax*), en las labores de cultivo de El Diamante. Foto: Sergio Carlos Marines Gómez.

Conclusión

El presente trabajo señala la importante contribución del ANP Sierra de Zapalinamé a la avifauna de Coahuila, al alojar un gran número de especies reportadas para el estado, de las cuales 23 se encuentran bajo alguna categoría de protección en la NOM-059-SEMARNAT-2010, una en peligro de extinción, cinco amenazadas y 17 en protección especial, además de su importancia como zona de reproducción para especies migratorias de verano.

Es importante continuar con el monitoreo de aves como parte del manejo que PROFAUNA implementa en la sierra de Zapalinamé. Además es evidente la dependencia de algunas aves a ciertos tipos de vegetación específicos, como es el caso del martín pescador (*Megaceryle alcyon*), relacionado con la vegetación riparia y presencia de agua, o el mosquero de los pinos (*Empidonax affinis*), con los bosques de encino presentes en el área; se resalta la riqueza en diversidad avifaunística de los matorrales desérticos y la vegetación riparia, por lo que es necesario poner en práctica acciones específicas para su conservación.

La fluctuación en las poblaciones de aves y la aparición de especies no registradas en el área, se atribuyen a una mejoría en la conservación del sitio y posiblemente al cambio climático, por lo que el monitoreo cumple con su objetivo al mostrar las variaciones en las poblaciones de aves del ANP. Por ello se recomienda continuar con este trabajo, al incorporar variables que ayuden a definir y dimensionar la influencia de las causales mencionadas.

Por otra parte, es de suma importancia identificar la irrupción en el ambiente natural de especies exóticas o introducidas, como la paloma de collar (*Streptopelia decaocto*), ya que representa una fuerte amenaza a las especies nativas.

Referencias

AOU. American Ornithology Union. 1988. Posteriores agregados hasta el suplemento 55. En: <*http://checklist.aou.org.*>, última consulta: agosto de 2016.

CETENAL. Comisión de Estudios del Territorio Nacional. 1977. Cartografía temática (edafológica, geológica, usos de suelo, vegetación). Cartas G14C33 y G14C34, Escala 1:50 000. México.

Chesser, T. K. Burns, C. Cicero *et al.* 2017. Fifty-eighth supplement to the American Ornithological Society's Check-list of north american birds. *Auk* 134:751-773.

Garza de León, A., I. Morán, F. Valdés y R. Tinajero. 2007. Coahuila. En: *Avifaunas estatales de México*. R. Ortiz-Pulido, A. Navarro-Sigüenza, H. Gómez de Silva *et al.* (eds.). CIPAMEX, Hidalgo, pp. 98-136.

Garza de León, A. 2003. *Aves de Coahuila: guía de campo*. 1ª edición. Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza/MAM, México.

Gill, F. y D. Donsker (eds.). 2016. IOC World bird list (versión 6.1). En: <*http://www.worldbirdnames.org/*>, última consulta: febrero de 2016.

Gobierno del Estado. 1996. Decreto por el que se declara como área natural protegida, con el carácter de zona sujeta a conservación ecológica, un área de la serranía conocida como Zapalinamé. Publicado el 15 de octubre de 1996 en el Periódico Oficial del Estado (POE). Última reforma publicada el martes 4 de febrero de 1997.

National Geographic Society. 2004. *Field guide to the birds of North America*. National Geographic Society, EUA.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el DOF. Texto vigente.

Biogeografía de las aves

Adolfo Gerardo Navarro Sigüenza y César Antonio Ríos Muñoz

Aproximadamente 10% de las especies de aves del mundo conforman la avifauna de México, la cual se compone por alrededor de 1 100 especies de aves residentes, migratorias y ocasionales (Navarro-Sigüenza *et al.* 2014), de las cuales aproximadamente 420 (38.1%) habitan Coahuila (apéndice 26; véase Aves, en esta misma obra). En México, al igual que en el resto del planeta, la riqueza de especies de aves no se distribuye de manera homogénea en un territorio y muestra diversos patrones geográficos. Por ejemplo, existe un incremento de la riqueza de especies hacia latitudes menores. Debido a lo anterior, el número de especies que se encuentra en Coahuila es menor al de Guerrero, aunque el primero tiene una extensión geográfica mayor (Navarro y Benítez 1993).

Este patrón en la riqueza de especies también se encuentra de manera altitudinal, por lo que en las zonas con elevaciones menores tienen mayor diversidad de especies que en las zonas montañosas, como puede verse en un transecto trazado a lo largo de diferentes altitudes en Coahuila (figuras 1 y 2).

Debido a estos efectos, aunados a la compleja topografía del país y su diversidad de climas, la presencia de los tipos de vegetación también es heterogénea y, por lo tanto, la diversidad de aves presentes en ellos. Por esta razón las selvas húmedas concentran el mayor número de especies, mientras que los bosques de coníferas y los hábitats costeros y desérticos cuentan con números menores (Escalante *et al.* 1998).

La restricción en la distribución de las especies a una zona particular de la Tierra es un fenómeno conocido como endemismo. Entre las causas que lo originan se encuentra principalmente la historia evolutiva de los taxones, aunada a la especialización hacia sus requerimientos de hábitat y alimento, además de la presencia de barreras topográficas y climáticas que limitan la distribución geográfica del hábitat en donde se distribuyen esos taxones (Morrone y Escalante 2009).

Los patrones de riqueza y endemismo en México muestran diferencias asombrosas. Mientras que el mayor número de especies de aves se encuentra en las zonas tropicales del sur y sureste del país, las regiones con mayor número de especies endémicas se ubican en los bosques secos de la costa del Pacífico, así como en las montañas y zonas secas del centro y sur del país, éstas

---

Navarro-Sigüenza, A.G. y C.A. Ríos-Muñoz. 2018. Biogeografía de las aves. En: *La biodiversidad en Coahuila. Estudio de Estado*, vol. II. CONABIO/Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza, México, pp. 401-409.

presentes en los límites de Coahuila (Navarro y Benítez 1993, Escalante *et al.* 1998, Peterson y Navarro 2000).

Regionalización biogeográfica en Coahuila

El interés en el estudio de los patrones de distribución de los organismos ha tenido un importante incremento en los últimos años. Naturalistas e investigadores tratan de describir el arreglo de los patrones de diversidad y buscan explicaciones acerca de cómo se originaron dichos patrones.

La regionalización biogeográfica surge del descubrimiento de que las áreas de distribución de las especies tienden a traslaparse unas con otras en espacios particulares limitados (áreas de endemismo). A su vez, los conjuntos de sitios de endemismo se deforman de acuerdo con eventos ecológicos y geográficos, como son las montañas, en el caso de organismos de las tierras bajas; las zonas abiertas, para los del bosque; o los valles y depresiones, para los de montaña (Morrone 1994).

México se encuentra en la zona de confluencia de dos regiones biogeográficas mayores: la Neártica y la Neotropical (Ramamoorthy *et al.* 1998). En cada región biogeográfica existen divisiones que se denominan provincias, las cuales están caracterizadas por contener dentro de sus límites varios taxones endémicos de diversos grupos biológicos, además de contar con características fisiográficas y ecológicas más o menos homogéneas (Stotz *et al.* 1996, Escalante *et al.* 1998).

En México, las regionalizaciones producidas por Smith (1941), con base en lagartijas del género *Sceloporus*; Goldman y Moore (1945), con base en aves y mamíferos; Stuart (1964), con base en fauna; y Rzedowski y Reyna-Trujillo (1990), con base en las plantas, son ampliamente utilizadas para la interpretación de los patrones biogeográficos de la biota.

La CONABIO produjo un modelo "de consenso" de regionalización biogeográfica de México, cuyo resultado es un esquema de 19 provincias biogeográficas. Éstas han sido analizadas y discutidas posteriormente a la luz de nueva información (Morrone 2005) para llegar a un esbozo que ayude a comprender los resultados de los diversos procesos biogeográficos a través de un

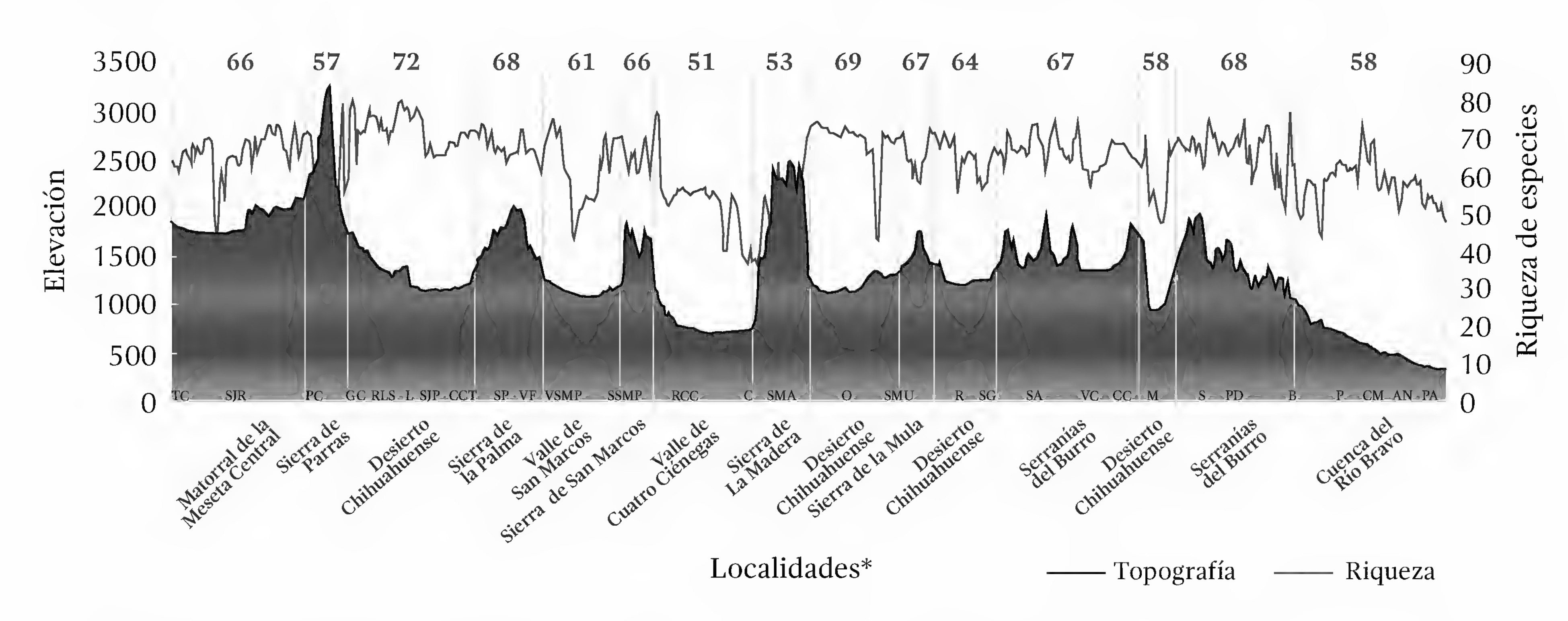


Figura 1. Distribución de la riqueza de especies a lo largo de un transecto trazado que cubre la diversidad topográfica y ecológica de Coahuila. Perfil altitudinal y la riqueza de especies encontrada en el transecto (línea negra en las figuras 2-5). Fuente: elaboración propia con datos de riqueza de Navarro *et al.* 2009.
*Ver localidades en figuras 2-5.

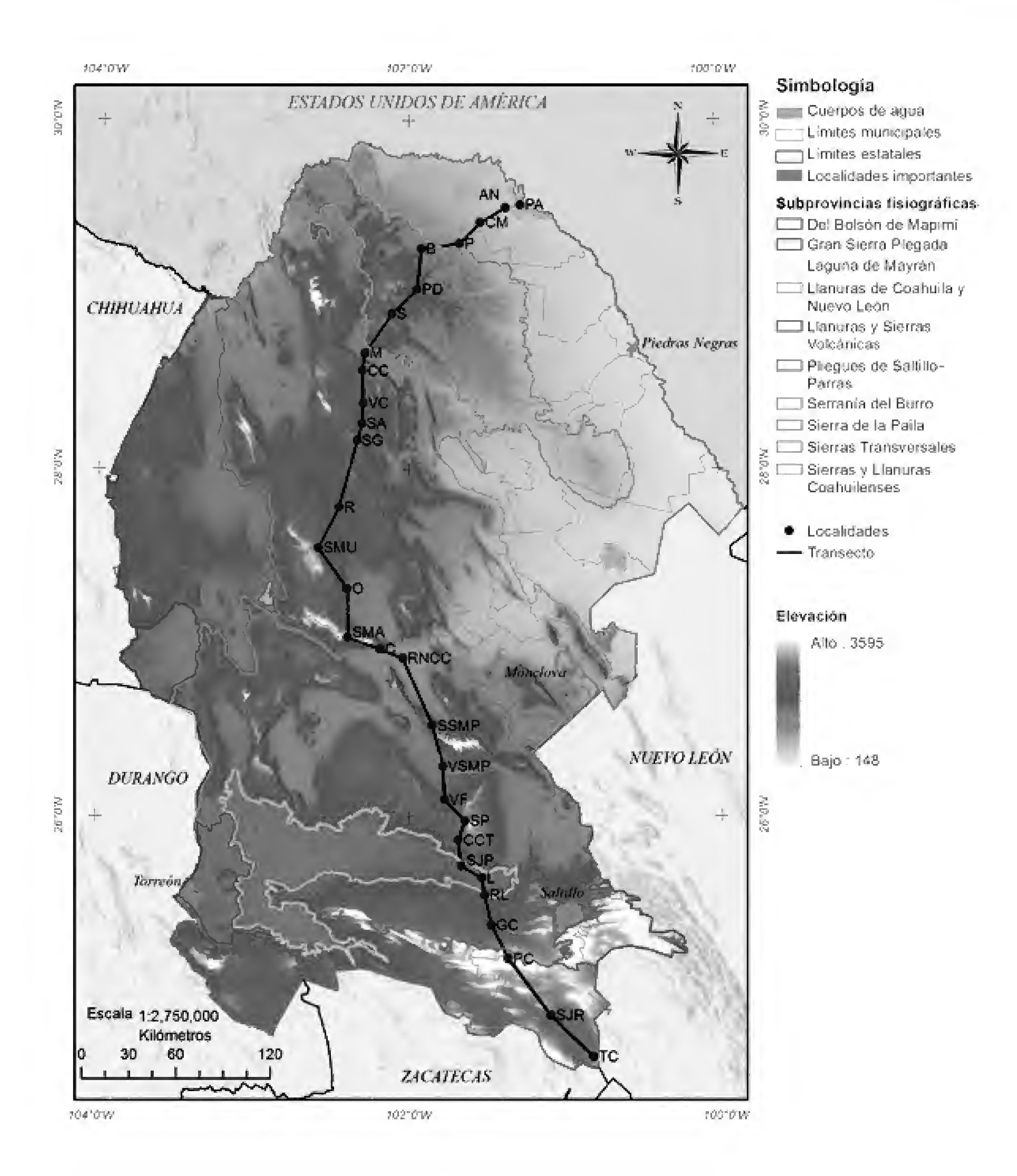


Figura 2. Situación del transecto en el mapa de altitud del estado. Fuente: elaboración propia con información de usgs 2015. TC: Tanque del Cerro; SJR: San Juan del Retiro; PC: Picacho Cupido; GC: General Cepeda; RLS: Rancho La Sabina; L: Letona; SJP: San José de la Paila; CCT: Cañón Cerazón del Toro; SP: Sierra de la Palma; VF: Valle Filipinas; VSMP: Valle de San Marcos y Pinos; SSMP: Sierra de San Marcos y Pinos; RCC: Reserva Natural Cuatro Ciénegas; C: Carrizal; SMA: Sierra de La Madera; O: Ocampo; SMU: Sierra de la Mula; R: La Ranchería; SG: Sierra de los Guajes; SA: Sierra Atravesada; VC: Valle Colombia; CC: Cerro de las Cabras; M: Los Melones; S: El Sombrero; PD: Pico Deivis; B: El Burro; P: Progreso; CM: Cerro del Mosco; AN: Arroyo del Nopal; PA: Presa La Amistad.

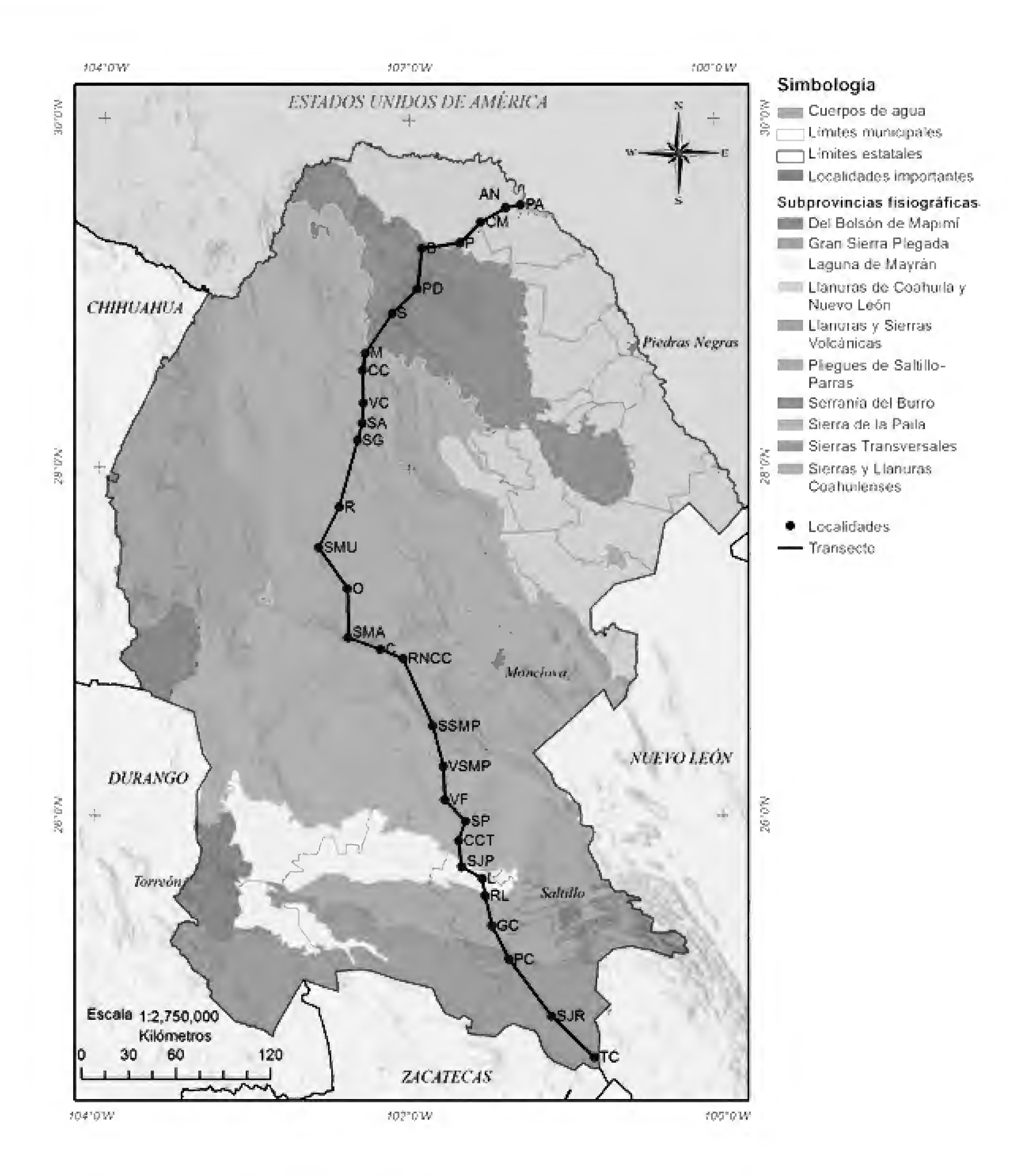


Figura 3. Transecto en las subprovincias fisiográficas. Fuente: elaboración propia con información de INEGI 1983. TC: Tanque del Cerro; SJR: San Juan del Retiro; PC: Picacho Cupido; GC: General Cepeda; RLS: Rancho La Sabina; L: Letona; SJP: San José de la Paila; CCT: Cañón Cerazón del Toro; SP: Sierra de la Palma; VF: Valle Filipinas; VSMP: Valle de San Marcos y Pinos; SSMP: Sierra de San Marcos y Pinos; RCC: Reserva Natural Cuatro Ciénegas; C: Carrizal; SMA: Sierra de La Madera; O: Ocampo; SMU: Sierra de la Mula; R: La Ranchería; SG: Sierra de los Guajes; SA: Sierra Atravesada; VC: Valle Colombia; CC: Cerro de las Cabras; M: Los Melones; S: El Sombrero; PD: Pico Deivis; B: El Burro; P: Progreso; CM: Cerro del Mosco; AN: Arroyo del Nopal; PA: Presa La Amistad.

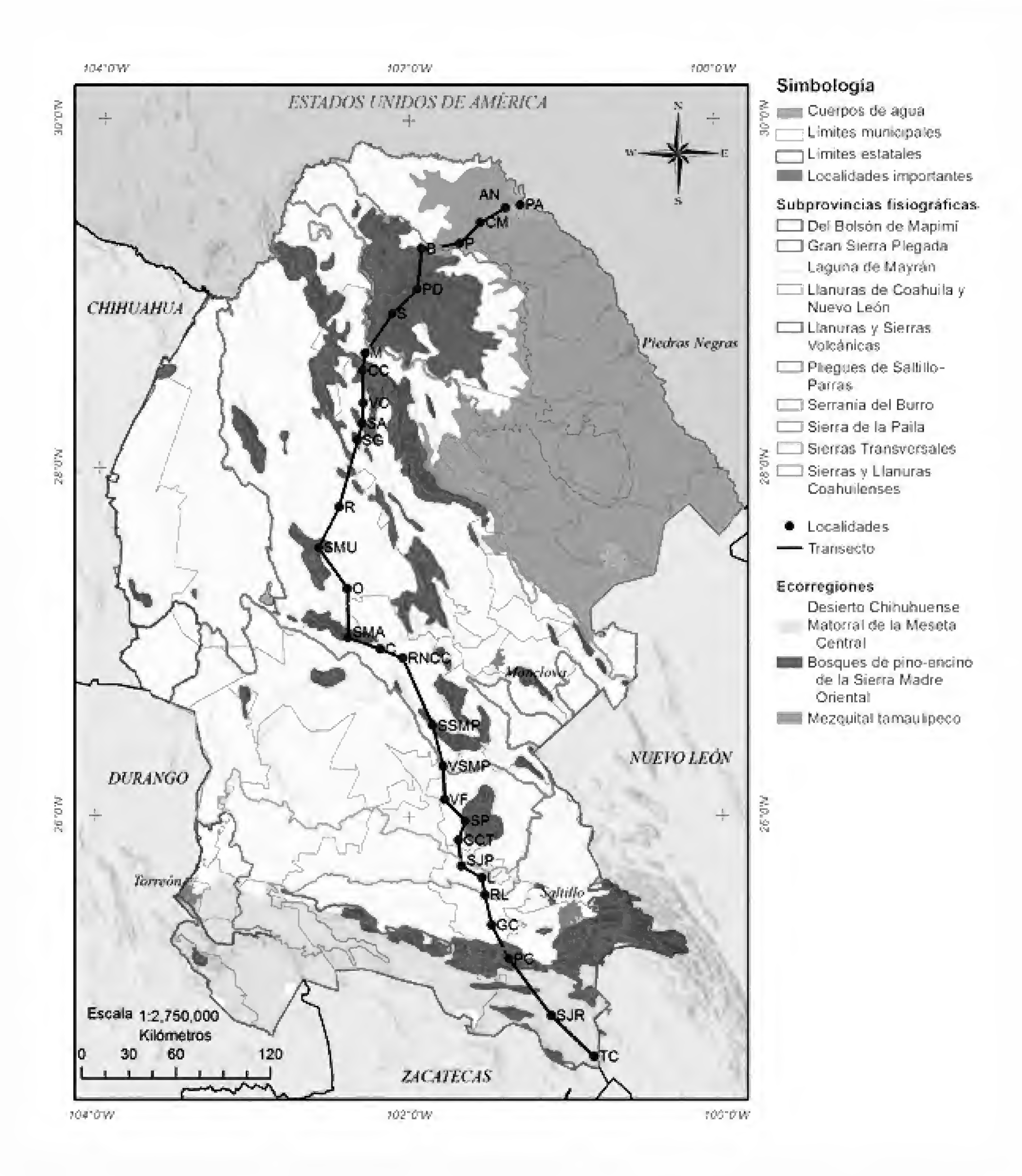


Figura 4. Transecto en las ecorregiones de WWF. Fuente: elaboración propia con información de Olson *et al.* 2001. TC: Tanque del Cerro; SJR: San Juan del Retiro; PC: Picacho Cupido; GC: General Cepeda; RLS: Rancho La Sabina; L: Letona; SJP: San José de la Paila; CCT: Cañón Cerazón del Toro; SP: Sierra de la Palma; VF: Valle Filipinas; VSMP: Valle de San Marcos y Pinos; SSMP: Sierra de San Marcos y Pinos; RCC: Reserva Natural Cuatro Ciénegas; C: Carrizal; SMA: Sierra de La Madera; O: Ocampo; SMU: Sierra de la Mula; R: La Ranchería; SG: Sierra de los Guajes; SA: Sierra Atravesada; VC: Valle Colombia; CC: Cerro de las Cabras; M: Los Melones; S: El Sombrero; PD: Pico Deivis; B: El Burro; P: Progreso; CM: Cerro del Mosco; AN: Arroyo del Nopal; PA: Presa La Amistad.

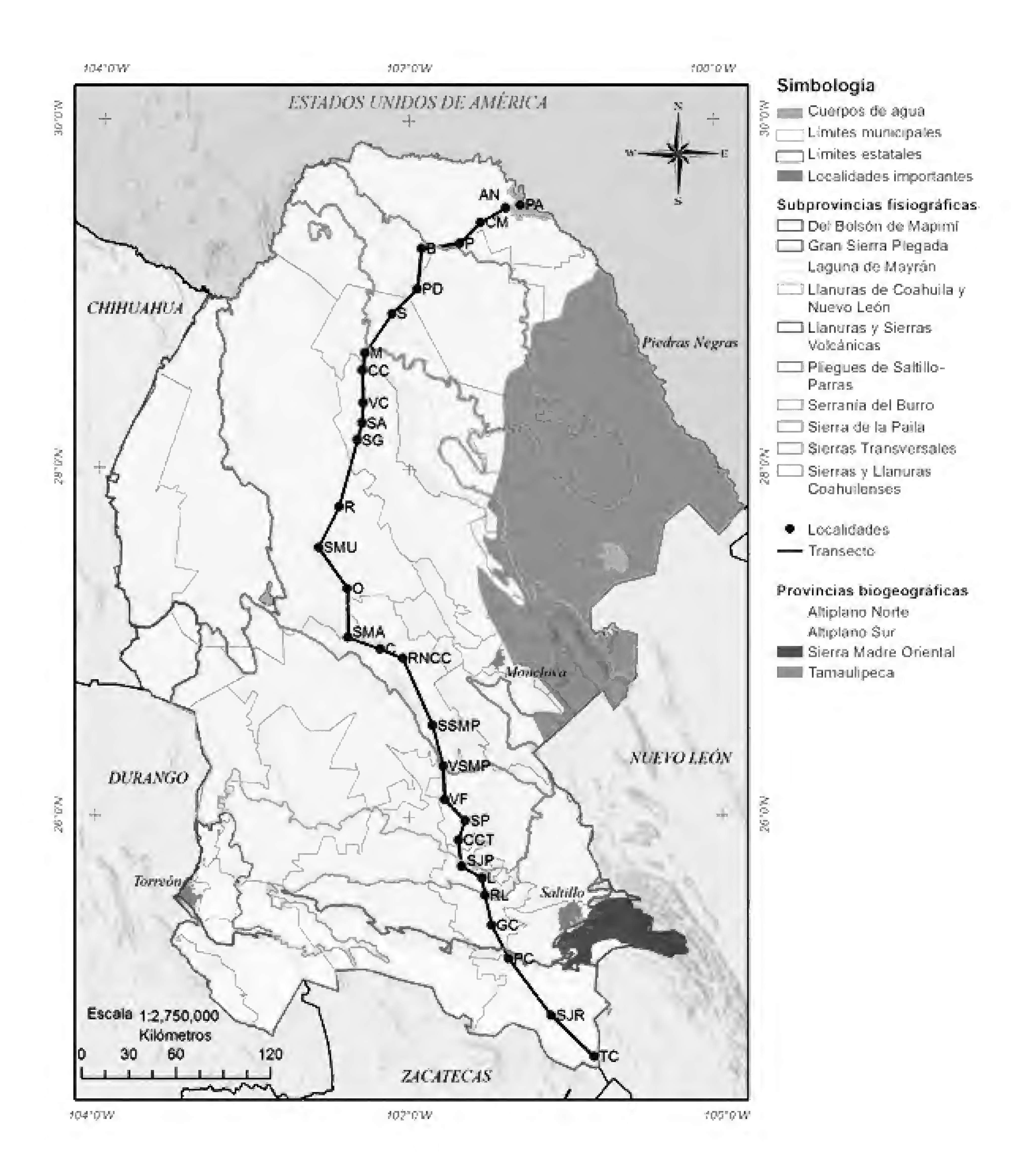


Figura 5. Transecto en las provincias biogeográficas de CONABIO. Fuente: elaboración propia con información de Arriaga *et al.* 1997. TC: Tanque del Cerro; SJR: San Juan del Retiro; PC: Picacho Cupido; GC: General Cepeda; RLS: Rancho La Sabina; L: Letona; SJP: San José de la Paila; CCT: Cañón Cerazón del Toro; SP: Sierra de la Palma; VF: Valle Filipinas; VSMP: Valle de San Marcos y Pinos; SSMP: Sierra de San Marcos y Pinos; RCC: Reserva Natural Cuatro Ciénegas; C: Carrizal; SMA: Sierra de La Madera; O: Ocampo; SMU: Sierra de la Mula; R: La Ranchería; SG: Sierra de los Guajes; SA: Sierra Atravesada; VC: Valle Colombia; CC: Cerro de las Cabras; M: Los Melones; S: El Sombrero; PD: Pico Deivis; B: El Burro; P: Progreso; CM: Cerro del Mosco; AN: Arroyo del Nopal; PA: Presa La Amistad.

sistema de provincias biogeográficas de México (Arriaga *et al.* 1997).

Existen otros tipos de regionalizaciones que ayudan a comprender la distribución de los organismos, como el que se basa en conjuntos estructurales del mismo origen geológico, con morfología propia y distintiva, que son llamadas provincias fisiográficas (INEGI 2000). Existe otra, basada en áreas ambientalmente homogéneas que son diagnosticadas por comunidades naturales que comparten una dinámica ecológica y que son llamadas ecorregiones (Morrone y Escalante 2009).

Dentro de sus fronteras, Coahuila tiene tres provincias fisiográficas divididas a su vez en 10 subprovincias (INEGI 1983) y varias ecorregiones que le confieren una estructura biogeográfica particular, la cual se ve reflejada en la distribución de las aves (figuras 3-5).

La mayor parte del territorio del estado se encuentra incluido en la provincia biogeográfica llamada Altiplano Norte, que abarca la mayor parte de las subprovincias fisiográficas de la entidad, como la Serranía del Burro y la Sierra de la Paila, además Del Bolsón de Mapimí (figuras 3 y 5), y a su vez forma parte de una ecorregión mayor de Norteamérica: el Desierto Chihuahuense (Olson *et al.* 2001), que se extiende hasta Chihuahua, Durango y el suroeste de los Estados Unidos de América.

La avifauna que le da identidad a esta región se caracteriza por estar asociada a pastizales, bosques secos y zonas áridas que se distribuyen hacia el norte por el desierto hasta los Estados Unidos de América, como el tecolotito enano (*Micrathene whitneyi*); y al sur, hacia la provincia biogeográfica Altiplano Sur, con la que comparte una gran proporción de sus especies terrestres, por ejemplo, el gorrión de Botteri (*Peucaea botterii*). Curiosamente, en Coahuila muchas especies exclusivas de la provincia Altiplano Norte son aves acuáticas migratorias de amplia distribución (patos, playeros, gaviotas y gansos).

El sur del estado incluye una pequeña fracción de la provincia biogeográfica Altiplano Sur (Zacatecano-Potosino) que se extiende hasta Jalisco, Guanajuato, Querétaro, Estado de México e Hidalgo. En Coahuila abarca principalmente la subprovincia fisiográfica Sierras Transversales, dominada por matorrales xerófilos.

Es un área de endemismo importante de aves, cuyas especies características se asocian a los hábitats de matorrales y bosques secos y que, en general, tienen una distribución que comprende también la provincia Altiplano Norte; tal es el caso del gorrión de Worthen (*Spizella wortheni*). Por ello, avifaunísticamente, ambas provincias conforman una sola unidad biogeográfica (Morrone 2005).

Otra provincia biogeográfica importante de mencionar, por el área que ocupa en la entidad, es la Tamaulipeca, distribuida en la porción este, la cual se extiende por Tamaulipas, Nuevo León, sur de Texas y Coahuila, representada principalmente en la subprovincia fisiográfica Llanuras de Coahuila y Nuevo León, así como por la ecorregión del Mezquital Tamaulipeco (Olson *et al.* 2001).

La avifauna que identifica esta provincia está compuesta por especies típicas del matorral del trópico de la vertiente del golfo, las cuales solamente se distribuyen en esta región de Coahuila. Entre estas especies se encuentran la parula tropical (*Setophaga pitiayumi*) y la chachalaca vetula (*Ortalis vetula*).

En el extremo sureste de la entidad, y en forma de parches aislados a lo largo de la porción centro-este, se ubica la provincia biogeográfica Sierra Madre Oriental, que abarca la subprovincia fisiográfica Gran Sierra Plegada y la ecorregión de los bosques de pino-encino de la propia Sierra Madre Oriental.

Ésta es una región de elevaciones mayores con vegetación de bosque montano de pino-encino, donde se presentan varias especies de aves endémicas de México, como la cotorra serrana

(*Rhynchopsitta terrisi*) y la mascarita matorralera (*Geothlypis nelsoni*; Navarro *et al.* 2004).

Primordialmente se distingue por la abundancia de especies características de los bosques montanos, cuya distribución incluye las sierras de México y que en esta región se encuentran exclusivamente en Coahuila, como el tecolote abetero (*Aegolius acadicus*), el capulinero gris (*Ptiliogonys cinereus*) y el pico-chueco (*Loxia curvirostra*).

Conclusión

Coahuila, como muchas otras regiones de México, representa una complejidad biogeográfica que refleja la historia geológica y paleoclimática del país (Challenger 1998, Ramamoorthy *et al.* 1998), así como el mosaico de condiciones fisiográficas y ecológicas en las que se desarrollan comunidades de organismos. El estado es, por lo tanto, una parte de la llamada Zona de Transición Mexicana (Halffter 1976, Morrone 2005), ya que tanto el patrón de distribución neártico continental, como el mexicano de montaña, confluyen en su territorio (Morrone y Márquez 2001).

Aunque la mayor parte de la riqueza de aves de la región se clasifica con especies típicas o características de la región Neártica, la sección de la Sierra Madre Oriental le agrega a la entidad un grupo de especies endémicas o de distribución básicamente tropical mesoamericana, como el pavito gorji-gris (*Myioborus miniatus),* el zorzal pico pardo (*Catharus occidentalis)* y el zorzal corona negra (*C. mexicanus*).

Los estudios biogeográficos de este tipo representan un valor agregado al entendimiento de la diversidad biológica, ya que reflejan el resultado de millones de años de historia evolutiva y ecológica de las regiones. Es justamente este aspecto el que confiere a México su carácter de país megadiverso, del cual las aves son dignas representantes.

Referencias

Arriaga, L., C. Aguilar, D. Espinosa-Organista y R. Jiménez. 1997. *Regionalización ecológica y biogeográfica de México*. Taller de la CONABIO, México.

Challenger, A. 1998. *Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México: pasado, presente y futuro*. Instituto de Biología-UNAM, México.

Escalante, P., A.G. Navarro y A.T. Peterson. 1998. Un análisis geográfico, ecológico e histórico de la diversidad de aves terrestres de México. En: *Diversidad biológica de México: orígenes y distribución*. T.P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa (eds.). Instituto de Biología-UNAM, México, pp. 279-304.

Goldman, E.A. y R.T. Moore. 1945. The biotic provinces of Mexico. *Journal of Mammalogy* 26:347-360.

Halffter, G. 1976. Distribución de los insectos en la zona de transición mexicana: relaciones con la entomofauna de Norteamérica. *Folia Entomológica Mexicana* 35:1-64.

INEGI. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 1983. *Síntesis Geográfica de Coahuila*. INEGI, México.

—. 2000. Diccionario de datos fisiográficos. Escala 1:1 000 000. Sistema Nacional de Información Geográfica (SNIG)/ INEGI, México.

Morrone, J.J. 1994. On the identification of areas of endemism. *Systematic Biology* 43:438-441.

—. 2005. Hacia una síntesis biogeográfica de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 76:207-252.

Morrone, J.J. y T. Escalante. 2009. *Diccionario de biogeografía*. Las Prensas de Ciencias-UNAM, México.

Morrone, J.J. y J. Márquez. 2001. Halffter's mexican transition zone, beetle generalised tracks, and geographical homology. *Journal of Biogeography* 28:635-650.

Navarro, A.G. y H. Benítez. 1993. Riqueza y endemismo de las aves de México. *Revista Ciencias* 7:45-54.

Navarro, A.G., H.A. Garza-Torres, S. López de Aquino *et al.* 2004. Patrones biogeográficos de la avifauna. En: *Biodiversidad de la Sierra Madre Oriental*. I. Luna, J.J. Morrone y D. Espinosa-Organista (eds.). Las Prensas de Ciencias-UNAM, México, pp. 439-467.

Navarro, A.G., A. Gordillo-Martínez y A.T. Peterson. 2009. Mapeando la diversidad de aves de México. *TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas* (FES Zaragoza/UNAM) 12(2):59-64.

Navarro-Sigüenza, A.G., F. Rebón-Gallardo, A. Gordillo-Martínez *et al.* 2014. Biodiversidad de las aves de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85:S476-S495.

Olson, D.M., E. Dinerstein, E.D. Wikramanayake *et al.* 2001. Terrestrial ecoregions of the world: a new map of life on Earth. *BioScience* 51:933-938.

Peterson, A.T. y A.G. Navarro. 2000. Western Mexico: a significant centre of avian endemism and challenge for conservation action. *Cotinga* 14:42-46.

Ramamoorthy, T.P., R. Bye, A. Lot y J. Fa (eds.). 1998. *Diversidad biológica de México. Orígenes y distribución*. Instituto de Biología-UNAM, México.

Rzedowski, J. y T. Reyna-Trujillo. 1990. Tópicos fitogeográficos. Mapa IV.8.3. En: *Atlas Nacional de México*, vol. II, Instituto de Geografía-UNAM, México.

Smith, H.M. 1941. Las provincias bióticas de México, según la distribución geográfica de las lagartijas del género *Sceloporus*. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas* 2:103-110.

Stotz, D.F., J.W. Fitzpatrick, T.A. Parker III. y D.K. Moskovits. 1996. *Neotropical birds. Ecology and conservation*. University of Chicago Press, EUA.

Stuart, L.C. 1964. Fauna of middle America. En: *Handbook of middle american indians*, Vol. 1. R.C. West (ed.). University of Texas Press, Austin, pp. 316-363.

USGS. U.S. Geological Survey. 2015. HYDRO1k geographic database. En: <*https://lta.cr.usgs.gov/HYDRO1K*>, última consulta: junio 2017.

Mamíferos

José Ramírez Pulido, Noé González Ruiz y Armando Jesús Contreras Balderas

Introducción

Coahuila tiene 150 656 km^2 de superficie. No obstante, su amplia extensión territorial no destaca por su alta biodiversidad, variedad fisiográfica, climática y tipos de vegetación, como es común en la mayoría de los estados del país. Tiene una composición mastofaunística sobresaliente por su afinidad de origen neártico que no se encuentra en ninguna otra parte de la república mexicana, salvo en los estados aledaños, principalmente Chihuahua, y en el sur de los Estados Unidos de América (Baker 1956, Hall 1981).

Los primeros estudios sobre la diversidad de mamíferos en el estado se realizaron con el financiamiento de la *United States and Mexican Boundary Survey* y con la fundación del Museo Smithsoniano en 1846, institución en donde se concentró el acervo de las recolectas que hacían los naturalistas de la época. Entre dichos naturalistas sobresalen Spencer Fullerton Baird y los médicos militares Elliot Coues y Edgar Alexander Mearns.

Los esfuerzos por documentar la fauna de esta región (Baird 1855, 1859) rápidamente se transformaron en estudios de carácter taxonómico, en virtud del desconocimiento que se tenía de la mastofauna. Los principales investigadores que destacan por sus estudios sobre los mamíferos en Coahuila son: Joel Asapha Allen, Cinton Hart Merriam, Edward William Nelson y Edgar A. Goldman.

A los esfuerzos del Museo Smithsoniano se unieron investigadores del *Columbian Museum of Chicago* (ahora *The Field Museum of Natural History*), como Daniel Giraud Elliot. El primer mexicano que participó en el descubrimiento de especies del estado fue el profesor Alfonso L. Herrera. Por otra parte, Rollin H. Baker realizó una extensa monografía sobre los mamíferos de Coahuila (Baker 1956).

En comparación con otros estados de la república mexicana, los mamíferos de Coahuila han sido poco estudiados (Espinoza-Martínez *et al.* 2016, Ramírez-Pulido *et al.* 2016). Las publicaciones posteriores a la segunda mitad del siglo xx son escasas y aisladas (Dickerman 1962, Easterla 1970, Easterla y Baccus 1973, Baccus 1978, Jiménez-Guzmán y Zúñiga 1991, Espinosa-Treviño *et al.* 2006, Contreras-Balderas *et al.* 2007, Espinosa-Treviño y Contreras-Balderas 2010).

Ramírez-Pulido, J., N. González-Ruiz y A.J. Contreras-Balderas. 2018. Mamíferos. En: *La biodiversidad en Coahuila. Estudio de Estado*, vol. II. CONABIO/Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza, México, pp. 411-417.

Descripción

Los mamíferos son vertebrados con el cuerpo cubierto de pelo. Las crías se desarrollan en una bolsa amniótica del vientre materno y son alimentadas con leche que secretan las glándulas mamarias de la madre. La mayoría son vivíparos, con excepción del ornitorrinco y el equidna. Son homeotermos, es decir, su temperatura es constante independientemente de la externa. La mandíbula está formada por un solo hueso: el dentario, que articula con el escamoso del cráneo. Los dientes son diferentes entre ellos; son heterodontos y cumplen con diversas funciones (incisivos, caninos, premolares y molares). El oído medio lo forman tres huesecillos: yunque, estribo y martillo (Vaughan 1972).

La mayoría son terrestres, pero algunos están adaptados para volar y otros más son de hábitos acuáticos, especialmente en el medio marino. Su alimentación es variada (Eisenberg 1981), los hay omnívoros (tlacuaches), herbívoros (venados, borregos), carnívoros (lobo, puma, lince), insectívoros (algunos murciélagos, musarañas), hematófagos (murciélagos vampiros) y frugívoros (algunos murciélagos).

Diversidad y endemismos

La mastofuana de Coahuila está constituida por 126 especies (figura 1, apéndices 28, 29 y 30), agrupadas en 69 géneros, 25 familias y ocho órdenes (figura 2). El orden mejor representado es el Rodentia (ratones, ratas, ardillas, tuzas y puerco espín) con 52 especies, le siguen el Chiroptera (murciélagos) con 30 y el Carnivora con 20; el resto de los órdenes tiene seis o menos especies (figura 2, apéndice 28).

En cuanto a las especies endémicas, 19 son de México y aunque el estado no tiene ninguna especie exclusiva, llama la atención el murciélago de cráneo plano (*Myotis planiceps*) que habita en una área pequeña entre Coahuila, Nuevo León y Zacatecas (Arroyo-Cabrales *et al.* 2005). El ratón de Hooper (*Peromyscus hooperi*) y la musaraña (*Sorex milleri*) también se encuentran en los estados vecinos, aunque la mayor parte de su distribución está en Coahuila (Álvarez-Castañeda 2002, Carraway 2007).

Hay otras especies endémicas de México que la entidad comparte con los estados vecinos, como los roedores ardilla de Allen (*Sciurus alleni*), ardilla Durango (*Neotamias durangae*), rata canguro (*Dipodomys nelsoni*) y rata cambalachera (*Neotoma goldmani*).

Situación actual y estado de conservación

De acuerdo con la norma oficial mexicana (SEMARNAT 2010), el estado de conservación de los mamíferos de Coahuila incluye a 20 especies en alguna categoría de riesgo: tres están sujetas a protección especial, ocho amenazadas, nueve en peligro de extinción y dos están posiblemente extintas (apéndice 28).

En el listado de mamíferos del estado (apéndice 28) se incluyen algunas especies de las que su presencia en la entidad puede ser dudosa. Quizá el caso más emblemático es el del lobo, que a pesar de que se ha mencionado para Coahuila desde 1857 (Baird 1859), su existencia no se ha verificado de manera objetiva. De hecho, la única evidencia se debe a restos arquezoológicos (Gilmore 1947).

También llaman la atención la rata almizclera (*Ondatra zibethicus*) y el ocelote (*Leopardus pardalis*) que Leopold (1959) registró para la entidad. No se tiene ninguna otra evidencia de la presencia de estas especies en Coahuila, no obstante, se incluyeron en la lista con base en los registros cercanos de Texas, en localidades de la zona fronteriza con Coahuila (Hall 1981, Davis y Schmidly 1994).



Figura 1. Algunos mamíferos que habitan en Coahuila: a) ardilla antílope (*Ammospermophilus interpres*); b) coyote (*Canis latrans*); c) tlacuache (*Didelphis virginiana*); d) liebre cola negra (*Lepus californicus*); e) venado bura (*Odocoileus hemionus*); f) pecarí de collar norteño (*Dicotyles angulatus*); g) zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*). Fotos: Armando Jesús Contreras-Balderas.

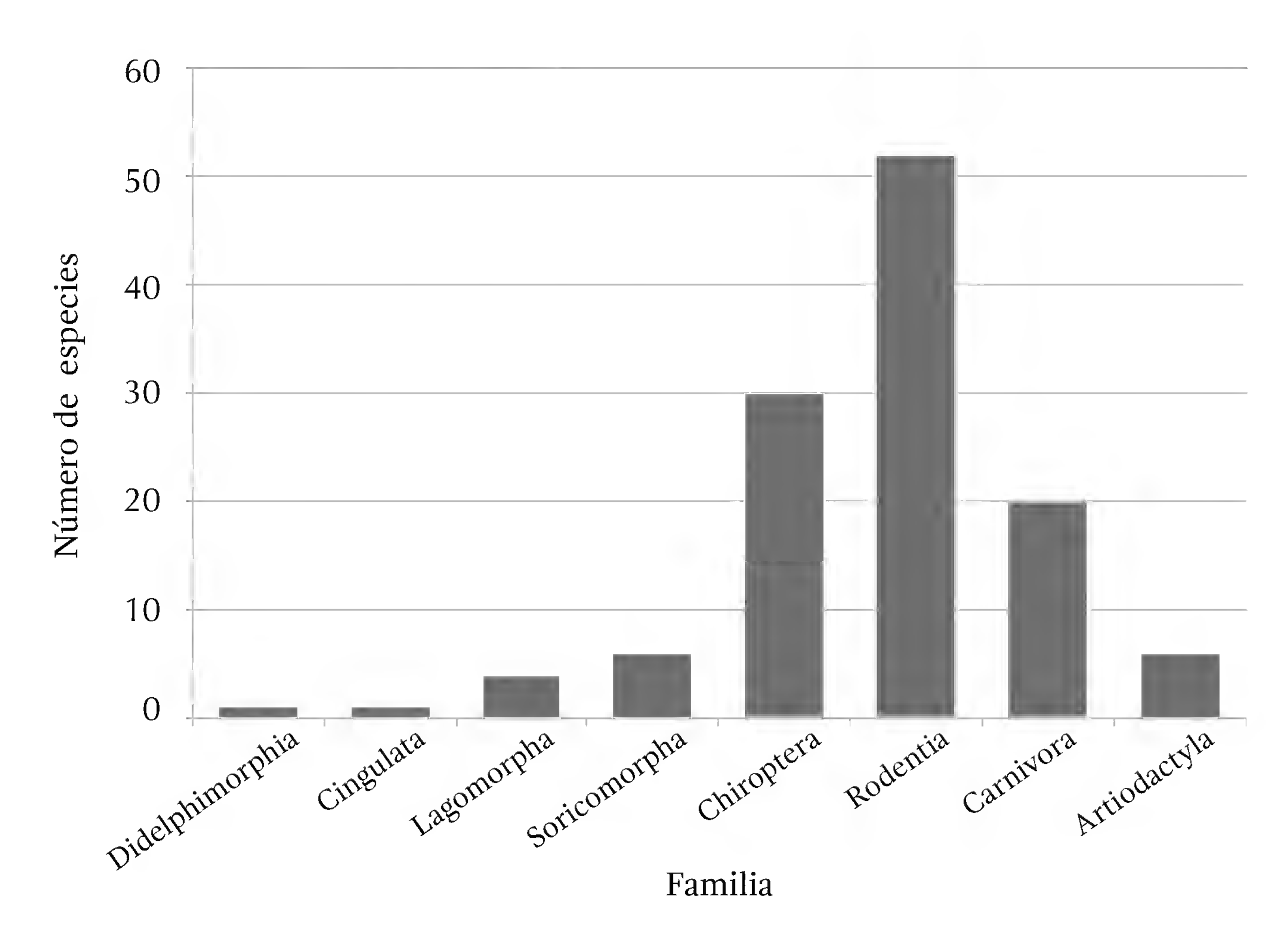


Figura 2. Riqueza de especies por orden de mamíferos en Coahuila. Fuente: elaboración propia con base en información del apéndice 28.

Importancia

La importancia de los mamíferos se puede tratar desde tres puntos de vista: ecológico, económico y cultural. Ecológicamente forman parte de la red trófica donde pueden actuar en casi todos los niveles, desde consumidores primarios (herbívoros), como los ratones, venados y borregos; consumidores secundarios que, como el murciélago de cola libre (*Tadarida brasiliensis*), se alimentan de insectos; hasta en el tercer nivel, como los felinos y el puma (*Puma concolor*), que consumen otros vertebrados.

También son importantes como alimento para otras especies; tal es el caso de los roedores, conejos y liebres que son depredados por reptiles, aves y otros mamíferos. Además, cumplen la función de polinizadores, como el murciélago trompudo (*Choeronycteris mexicana*) y el murciélago magueyero mayor (*Leptonycteris nivalis*).

La importancia económica de la mastofuana silvestre radica en los usos que le dan las comunidades indígenas y rurales al representar pérdidas o, en algunos casos, ganancias. Muchos roedores, como el ratón cuatralbo (*Peromyscus maniculatus*), pueden dañar la producción agrícola al consumir semillas, raíces y tallos de las plantas cultivadas. Aunque esto es una queja constante de los campesinos, es difícil que alcance el nivel de plaga.

La mayoría de los murciélagos y mamíferos medianos (felinos, comadrejas, tejones y coyotes) también son controladores de plagas de insectos perjudiciales o de otros mamíferos pequeños capaces de afectar algunos cultivos. Además, pueden representar grandes beneficios económicos al ser cazados legalmente, pues de los mamíferos silvestres se aprovechan la piel, los huesos, la carne o la cornamenta para comercializarla; quizá los más afectados son el puma, oso y venado. En el medio rural algunos mamíferos se utilizan como fuente de proteínas, por ejemplo, las ratas de campo (principalmente del género *Neotoma*), liebres, conejos y venados.

A pesar de las bondades que representan para el ser humano, los mamíferos silvestres,

sobre todo el ratón cuatralbo, los tlacuaches y los zorrillos, también pueden ser vectores y reservorios de enfermedades zoonóticas, desde virales, como el hantavirus o la rabia, hasta bacteriales, como la leptospirosis o la enfermedad de Lyme (Gage *et al.* 1995). No obstante, es más frecuente que los animales domésticos, y no los mamíferos silvestres, sean los transmisores de tales enfermedades.

Amenazas y acciones de conservación

Para este grupo de vertebrados las amenazas son de origen variado, pero quizá las más graves son la pérdida del hábitat, la cacería y el cambio climático (Ceballos *et al.* 1998, Peterson *et al.* 2002).

Dos grupos de mamíferos son los más vulnerables: por un lado, los organismos de talla pequeña, con bajo número poblacional y distribución restringida (Ceballos *et al.* 1998), que son más susceptibles a la pérdida y fragmentación del hábitat por enfrentarse a la disminución de recursos alimentarios, refugio, reducción y aislamiento de sus poblaciones; por otro lado, los mamíferos medianos y grandes, además de ser susceptibles a la pérdida de hábitat, están expuestos a la cacería de subsistencia o ilegal (Hernández-Huerta 1992).

Coahuila representa una región importante para el estudio y conservación de algunas especies de mamíferos, aunque muchas de ellas se enfrentan a las amenazas antes mencionadas. El grupo de especies de talla pequeña y poco llamativas, como murciélagos (*Myotis planiceps*), musarañas (*Sorex milleri*) y roedores (*Peromyscus hooperi*, *Sciurus alleni*, *Neotamias durangae*, *Dipodomys nelsoni* y *Neotoma goldmani*), tienen áreas de distribución relativamente reducidas, su tamaño poblacional es bajo y, en la mayoría de los casos, se encuentran en un hábitat particular y a veces poco común. Estas características hacen que en el mediano plazo tengan o puedan presentar serios problemas de conservación (Ceballos *et al.* 1998), aún más cuando no se realizan acciones particulares para su protección; solamente a *Sorex milleri*, que se encuentra en la región de Maderas del Carmen, la resguarda un ANP.

En el caso de las especies de tamaño grande y conspicuo, las poblaciones han disminuido dramáticamente por la cacería furtiva de los últimos 200 años (Hernández-Huerta 1992, Arita y Ceballos 1997). De hecho, hay serios problemas de conservación para el erizo (*Erethizon dorsatum*), el castor (*Castor canadensis*) y el oso negro (*Ursus americanus*), pero afortunadamente los protege la reserva de Maderas del Carmen. Sin embargo, no se conoce el estado actual de sus poblaciones.

Otras especies están extirpadas del estado, como el berrendo (*Antilocapra americana*), el lobo mexicano (*Canis lupus*), el oso gris (*Ursus arctos*), el borrego cimarrón (*Ovis canadensis*) y el bisonte americano (*Bison bison*). Se han encontrado áreas idóneas en Coahuila para una posible reintroducción del lobo mexicano (Espinosa-Treviño. *et al.* 2006, Espinosa-Treviño y Contreras-Balderas. 2010, Araiza 2012). Del berrendo y el borrego cimarrón se han consumado, con resultados alentadores, varias reintroducciones en diversas partes de la entidad (SEMARNAT y CONANP 2009; véase El berrendo, en esta misma obra).

Conclusión

En materia de conservación, lo primero que se debería emprender es el estudio detallado de la situación que guardan las poblaciones más vulnerables de mamíferos. De esta forma se podrán proponer acciones fundamentadas y concretas para el manejo o protección de esas especies.

En cuanto a las especies grandes y extirpadas localmente, es menester explorar regiones

para futuras reintroducciones, debido a que estas especies no sólo son importantes por lo emblemático, sino que también resultan imprescindibles para la salud de los ecosistemas de Coahuila.

Es necesario realizar estudios biogeográficos de la entidad; el único antecedente que se tiene en este sentido es el trabajo de Baker (1956) que divide a Coahuila en tres zonas de vida: alta, de transición y baja. Aunque para la época fue una aportación relevante, no contiene información de interés moderno, por ejemplo, la indicación de las áreas importantes para la conservación.

Por otro lado, las ANP de Coahuila están pobremente estudiadas. Quizá con excepción de Cuatro Ciénegas (Contreras-Balderas *et al.* 2007), ninguna de ellas tienen inventarios mastozoológicos fundamentados, ex profesos, completos y actualizados. Esta falta de conocimiento no permite responder con precisión a las preguntas simples, como cuántas o cuáles especies de mamíferos se protegen en las ANP del estado.

Referencias

Allen, J.A. 1881. List of mammals collected by Dr. Edward Palmer in northeastern Mexico, with field-notes by the collector. *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology* 8:183-189.

Álvarez-Castañeda, S.T. 2002. *Peromyscus hooperi. Mammalian Species* 709:1-3.

Araiza, M., L. Carrillo, R. List, C.A. González *et al.* 2012. Consensus on criteria for potential areas for wolf reintroduction in Mexico. *Conservation Biology* 26:630-637.

Arita, H.T. y G. Ceballos. 1997. Los mamíferos de México: distribución y estado de conservación. *Revista Mexicana de Mastozoología* 2:33-71.

Arroyo-Cabrales, J., E.K.V. Kalko, R.K. LaVal *et al.* 2005. Rediscovery of the mexican flat-headed bat *Myotis planiceps* (Vespertilionidae). *Acta Chiropterologica* 7:309-314.

Baccus, J.T. 1978. Notes on the distribution of some mammals from Coahuila. *Southwestern Naturalist* 23:706-708.

Baird, S.F. 1855. Characteristics of some new species of Mammalia, collected by the U.S. and mexican boundary survey, major W.H. Emory, U.S.A Commissioner. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia* 7:331-333.

Baird, S.F. 1859. Mammals of the boundary. En: *Report on the United States and Mexican Boundary Survey, under the Order of Lieut.* W.H. Emory (ed.). Washington, 2:1-62.

Baker, R.H. 1956. Mammals of Coahuila, Mexico. *University of Kansas Museum of Natural History, Miscellaneous Publication* 9:125-335.

Carraway, L.N. 2007. Shrews (Eulypotyphla: Soricidae) of Mexico. *Monographs of the Western North American Naturalist* 3:1-91.

Ceballos, G., P. Rodríguez y R.A. Medellín. 1998. Assessing conservation priorities in megadiverse Mexico: mammalian diversity, endemicity and endangerment. *Ecological Applications* 8:8-17.

Contreras-Balderas, A.J., D.J. Hafner, J.H. López-Soto *et al.* 2007. Mammals of the Cuatro Cienegas basin, Coahuila, Mexico. *Southwestern Naturalist* 52:400-409.

Davis, W.B. y D.J. Schmidly. 1994. *The mammals of Texas*. Texas Parks and Wildlife Press, Austin.

Dickerman, R.W. 1962. *Erethizon dorsatum* in Coahuila, Mexico. *Journal of Mammalogy* 43:108.

Easterla, D.A. 1970. First record of the pocketed free-tailed bat from Coahuila, Mexico, and additional Texas records. *Texas Journal of Science* 22:92-93.

Easterla, D.A. y J. Baccus. 1973. A collection of bats from the fronteriza mountains, Coahuila, Mexico. *Southwestern Naturalist* 17:424-427.

Eisenberg, J.F. 1981. *The mammalian radiations: an analysis of trends in evolution, adaptation and behavior*. The University of Chicago Press, Chicago.

Espinosa-Treviño, A. y A.J. Contreras-Balderas. 2010. Evaluación de hábitat para la restauración del borrego cimarrón (*Ovis canadensis*) en Coahuila, México. *Ciencia UANL* 8:78-85.

Espinoza-Martínez, D.V., C.A. Ríos-Muñoz, N. González-Ruiz *et al.* 2016. Mamíferos de Coahuila. *Revista Mexicana de Mastozoología (nueva época)* 6:21-49

Espinosa-Treviño, A., A.V. Sandoval y A.J. Contreras-Balderas. 2006. Historical distribution of desert bighorn sheep (*Ovis canadensis mexicana*) in Coahuila, Mexico. *Southwestern Naturalist* 51:282-288.

Gage, K.L., R.S. Ostfeld y J.G. Olson. 1995. Nonviral vector-borne zoonoses associated with mammals in the United States. *Journal of Mammalogy* 76:695-715.

Gilmore, R.M. 1947. Report on a collection of mammal bones from archeologic caves-sites in Coahuila, Mexico. *Journal of Mammalogy* 28:147-165.

Grigione, M., M. Menke, K.C.A. López-González *et al.* 2009. Identifying potential conservation areas for felids in the USA and Mexico: integrating reliable knowledge across an international border. *Oryx* 43:78-86.

Hall, E.R. 1981. *The mammals of North America*. John Wiley and Sons, Nueva York.

Hernández-Huerta, A. 1992. Los carnívoros y sus perspectivas de conservación en las áreas protegidas de México. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)* 54:1-23.

Jiménez-Guzmán, A. y M.A. Zúñiga-R. 1991. Caracterización biológica de la sierra Maderas del Carmen, Coahuila, México. *Anales del Instituto de Biología-UNAM, Serie Zoología* 62:373-382.

Lee, M.R. y D.J. Schmidly. 1977. A new species of *Peromyscus* (Rodentia: Muridae) from Coahuila, Mexico. *Journal of Mammalogy* 58:263-268.

Leopold, A.S. 1959. *Wildlife of Mexico: the game of birds and mammals*. University of California Press, Berkeley.

Peterson, T.A., M.A. Ortega-Huerta, J. Bartley *et al*. 2002. Future projections for mexican faunas under global climate change scenarios. *Nature* 416:626-629.

Ramírez-Pulido, J., N. González-Ruiz, G. Ameneyro *et al.* 2016. Panorama del conocimiento de los mamíferos de México: con énfasis a nivel estatal. En: *Riqueza y conservación de los mamíferos en México a nivel estatal.* M. Briones-Salas, Y. Hortelano-Moncada, G. Magaña-Cota *et al.* (eds.). Instituto de Biología-UNAM/Asociación Mexicana de Mastozoología, A.C. (AMMAC)/ Universidad de Guanajuato (UG), México.

Ramírez-Pulido, J., N. González-Ruiz, A.L. Gardner y J. Arroyo-Cabrales. 2014. List of recent land mammals from Mexico, 2014. *Special Publications, Museum of Texas Tech University* 63:1-69.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el DOF. Texto vigente.

SEMARNAT y CONANP. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 2009. Programa de Acción para la Conservación de la Especie: Berrendo (*Antilocapra americana*). SEMARNAT/CONANP, México.

Vaughan, T.A. 1972. *Mammalogy*. W.B. Saunders Company, Filadelfia.

El borrego cimarrón de desierto (*Ovis canadensis mexicana*) y su reintroducción

Alejandro Espinosa Treviño, Jonás Adán Delgadillo Villalobos y Hugo Sotelo Gallardo

Descripción

El borrego cimarrón de desierto es un animal de apariencia robusta, cuadrada y de patas cortas. En estado adulto llega a los 76-99 cm de altura y mide 152 cm de largo, el macho pesa cerca de 73 kg mientras que una hembra en promedio 48 kg. El pelo puede variar desde el color café y café grisáceo hasta el café oscuro (figura 1). Los machos presentan cuernos curvos y masivos, en las hembras éstos son más pequeños, con proyección hacia arriba de la cabeza (Sandoval 1979, Hansen 1980).

La especie se reproduce al final del verano y las hembras paren a los corderos después de un periodo de gestación de seis meses (Turner y Hansen 1980). La mayoría de las crías nacen entre enero y marzo; el parto es normalmente de un solo cordero (Krausman *et al.* 1999).

Los requerimientos de hábitat de la especie incluyen alimento, agua, espacio y terreno de escape. Su entorno se caracteriza por ser un área abierta, con topografía accidentada y escabrosa. La vegetación de su hábitat en Coahuila corresponde al matorral desértico rosetófilo y pastizal.

La dieta del borrego cimarrón se compone principalmente de pastos, arbustos y, en ocasiones, de cactáceas y agaves. Al igual que otros herbívoros, los borregos cimarrones son presa de coyotes (*Canis latrans*), pumas (*Puma concolor*), gatos montés (*Lynx rufus*) y ocasionalmente águilas reales (*Aquila chrysaetos*), durante los primeros meses de vida (Krausman *et al.* 1999).

Importancia y conservación

El borrego cimarrón fue parte de la cultura de los pueblos nativos que habitaron el desierto del norte de México. Ha sido representado en pinturas rupestres, petroglifos, cerámicas y artesanías, y en la actualidad es el emblema y la identidad gráfica de diversas instituciones (Murray y Espinosa-Treviño 2006). La especie tiene un alto valor en el mercado cinegético, lo que se traduce en empleos y una derrama económica para la población local en donde la especie habita (Sandoval 1985). En México se encuentra bajo la categoría de protección especial (SEMARNAT 2010).

Espinosa-Treviño, A., J.A. Delgadillo-Villalobos y H. Sotelo-Gallardo. 2018. El borrego cimarrón de desierto (*Ovis canadensis mexicana*) y su reintroducción. En: *La biodiversidad en Coahuila. Estudio de Estado*, vol. II. CONABIO/Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza, México, pp. 419-423.



Figura 1. Borrego cimarrón en la sierra Maderas del Carmen, Coahuila. Foto: Santiago Gibert.

Existen poblaciones en los estados de Baja California, Baja California Sur y Sonora. En Chihuahua, Coahuila y Nuevo León sus poblaciones originales fueron extirpadas (Krausman *et al.* 1999). La especie comenzó a desaparecer hasta su extinción local en la década de los setenta y las posibles causas de su declinación fueron la presencia de enfermedades introducidas por borregos domésticos y cabras, la competencia por espacio y forraje, y la cacería no regulada (Espinosa-Treviño *et al.* 2006).

Los registros históricos sugieren que el borrego cimarrón se distribuyó ampliamente en al menos 14 sierras del estado: La Madera, San Marcos y del Pino, La Gavia, La Paila, La Fragua, Los Alamitos, El Fuste, del Rey, Mojada, Almagre, Maderas del Carmen, La Encantada, El Pino y Hechiceros, ubicadas en la subprovincia Llanuras y Sierras Volcánicas (Espinosa-Treviño *et al.* 2006).

Reintroducción del borrego cimarrón

La reintroducción de una especie implica un proceso de liberación planificada al hábitat natural de ejemplares, con el objetivo de restituir una población silvestre desaparecida (SEMARNAT 2000). Para el caso del borrego cimarrón, los primeros esfuerzos de reintroducción en Coahuila se llevaron a cabo entre los años 2000 y 2002. Con la suma de los esfuerzos de CEMEX, Agrupación Sierra Madre y Unidos para la Conservación se capturaron y trasladaron a Coahuila 48 borregos de la subespecie *O. c. mexicana,* en su mayoría procedentes de la isla Tiburón, en Sonora.

Estos ejemplares fueron los fundadores del criadero Pilares (figura 2), localizado en el municipio de Ocampo, en la subprovincia Llanuras y Sierras Volcánicas (Sandoval y Espinosa 2001). En el 2004, 24 borregos fueron capturados en la UMA Yaqui, en Sonora, y liberados directamente al medio silvestre en Maderas del Carmen (figura 2),

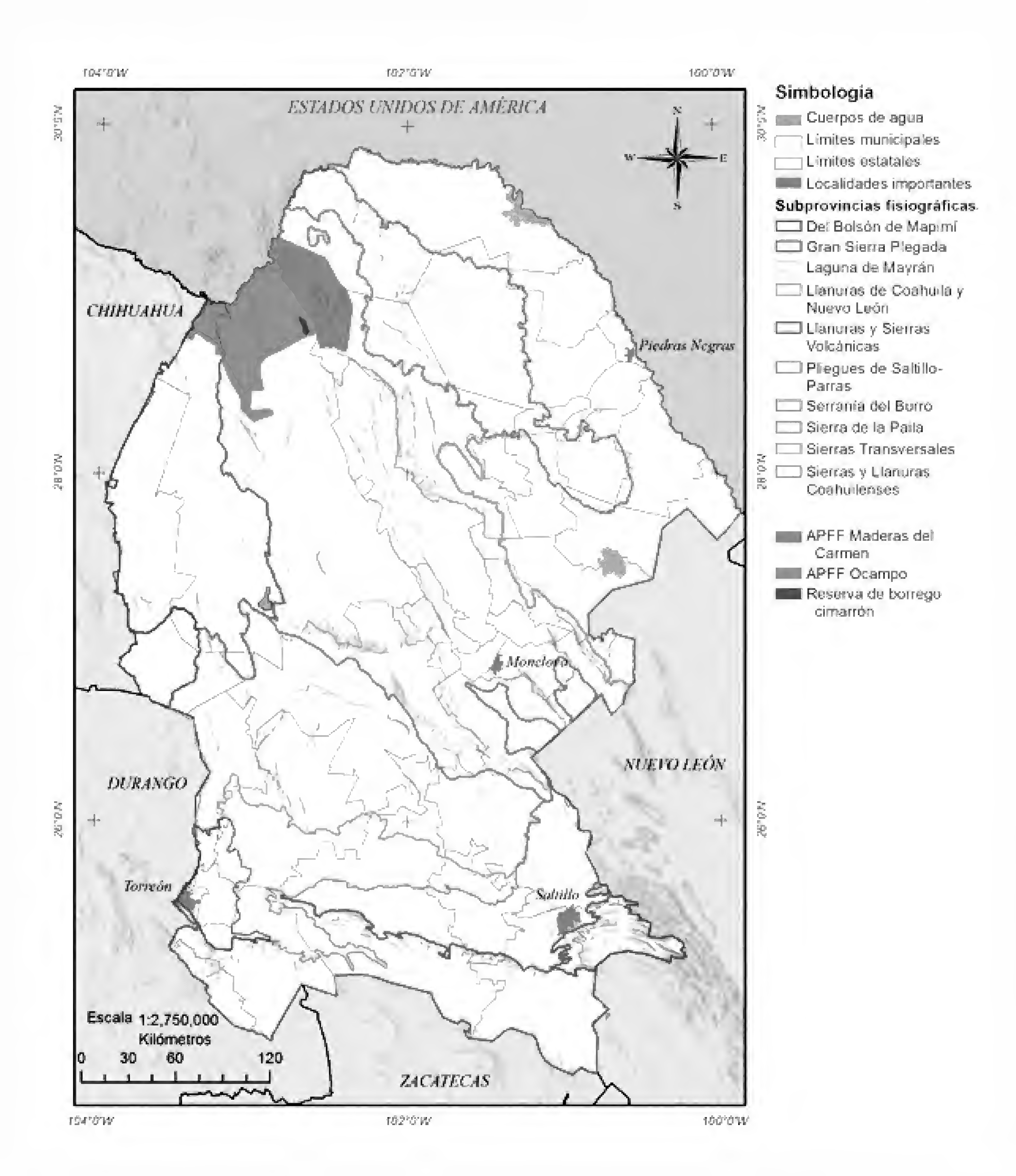


Figura 2. Ubicación de la sierra Maderas del Carmen y del criadero Pilares. Fuente: elaboración propia.

también en la subprovincia antes mencionada (Reynolds y Delgadillo 2005).

Esta población ha sido suplementada en 2009, 2010 y 2012 con ejemplares procedentes del criadero Pilares. Actualmente es la única población en vida libre en el estado, con aproximadamente 50 individuos, y presenta un índice positivo en el incremento poblacional debido al nacimiento de crías. No obstante, es necesario realizar más liberaciones de ejemplares y continuar con su monitoreo (Velázquez-Rincón 2012).

Conclusión

Se estima que Coahuila cuenta con más de 3 600 km² de hábitat para borrego cimarrón (Espinosa-Treviño *et al.* 2007), aunque existen retos para su reintroducción, ya que los factores que llevaron a su extirpación, como la presencia de cabras y borregos domésticos en su hábitat histórico, aún persisten.

La selección de un área para iniciar la reintroducción de una especie extirpada no es una tarea fácil. Adicionalmente a los aspectos biológicos, influyen factores e intereses sociales, políticos y económicos que pueden ser puntos clave para el éxito de esta acción de conservación.

No obstante, se puede generar una adecuada sinergia entre propietarios de predios, ejidatarios, autoridades ambientales (como SEMARNAT y CONANP) y grupos de conservación e investigación de universidades locales, con la finalidad de implementar actividades de educación y vigilancia que aseguren el establecimiento de nuevas poblaciones.

Actualmente el proceso de recuperación del borrego cimarrón en el estado está en marcha. Sin embargo, todavía hay trabajo por desarrollar; es necesario realizar más liberaciones de ejemplares en vida libre, seguidas de un programa de monitoreo, educación y vigilancia en las localidades en donde la especie se encuentre en restablecimiento, a fin de volver a tener al borrego cimarrón en las sierras de Coahuila.

Referencias

Espinosa-Treviño, A., A.V. Sandoval y A.J. Contreras-Balderas. 2006. Historical distribution of desert bighorn sheep (*Ovis canadensis mexicana*) in Coahuila, Mexico. *The Southwestern Naturalist* 51:282-288.

Espinosa-Treviño, A., A.V. Sandoval, M. García-A. y A.J. Contreras-Balderas. 2007. Evaluation of historical desert bighorn sheep habitat in Coahuila, Mexico. *Desert Bighorn Council Transactions* 49:30-39.

Hansen, C.G. 1980. Habitat evaluation. En: *The desert bighorn its life history, ecology and management.* G. Monson y L. Sumner (eds.). University of Arizona Press, Tucson, pp. 320-335.

Krausman, P.R., A.V. Sandoval y R.C. Etchberger. 1999. Natural history of desert bighorn sheep. En: *Mountain sheep of North America.* R. Valdez y P.R. Krausman (eds.). Prentice-Hall/Upper Saddle River, EUA, pp. 139-208.

Murray, W.B y A. Espinosa-Treviño. 2006. The natural setting of sheephorn petroglyphs in the eastern Sierra Madre (Nuevo Leon, Coahuila, Mexico). En: *American indian rock art 32*, A.R. Quinland y A. Mcornnel (eds.). American Rock Art Research Association, Arizona, pp 45-51.

Reynolds, B. y J. Delgadillo-Villalobos. 2005. Desert bighorn reintroduction in Maderas del Carmen, Coahuila, Mexico. *Desert Bighorn Council Transactions* 48:46-49.

Sandoval, A.V. 1979. *Preferred habitat of desert bighorn sheep in the San Andres Mountains, New Mexico.* Tesis de maestría en manejo de vida silvestre. Colorado State University, Fort Collins.

——. 1985. Status of bighorn sheep in the republic of Mexico. En: *Wild sheep: distribution, abundance, management and conservation of the sheep of the world and closely related mountain ungulates.* M. Hoefs (ed.). Northern Wild Sheep and Goat Council, Canada, pp. 86-94.

Sandoval, A.V. y A. Espinosa-Treviño. 2001. Status of the bighorn sheep management programs in Coahuila, Mexico. *Desert Bighorn Council Transactions* 45:53-61.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el DOF. Texto vigente.

——. 2000. Ley General de Vida Silvestre. Última reforma publicada el 19 de marzo de 2014 en el DOF.

Turner, J.C. y C.G. Hansen. 1980. Reproduction. En: *The desert bighorn: its life history, ecology and management*. G. Monson y L. Sumner (eds.). University of Arizona Press, Arizona, pp. 145-151.

Velázquez Rincón, R. 2012. *Evaluación poblacional y del hábitat de un grupo de borregos cimarrones (Ovis canadensis mexicana Merriam 1901) traslocados en la sierra Maderas del Carmen, Coahuila, México*. Tesis de maestría en ciencias forestales. UANL, Linares, México.

Vertebrados silvestres de la sierra Maderas del Carmen

Jonás Adán Delgadillo Villalobos, Alejandro Espinosa Treviño y Hugo Sotelo Gallardo

Descripción del sitio

La sierra Maderas del Carmen se ubica al norte de Coahuila, en la subprovincia fisiográfica Serranía del Burro (figura 1). Debido a su importancia biológica, desde 1994 fue designada como APFF y cuenta con una superficie de 208 381 ha (INE y SEMARNAP 1999). La zona se caracteriza por su topografía accidentada; cuenta con altitudes que van desde los 500 hasta los 2 700 msnm y forma una isla dentro del Desierto Chihuahuense. Sus ecosistemas se diversifican desde zonas riparias y matorral desértico en las partes bajas, hasta los bosques de pino en la parte alta de la montaña.

Importancia ecológica

Maderas del Carmen forma una barrera natural que separa la planicie costera del golfo de México y el Desierto Chihuahuense. En ella se encuentra una mezcla de flora y fauna típica de ambas zonas (Baker 1956). Por su ubicación también es reconocida como un importante corredor biológico que conecta las zonas montañosas del norte de Coahuila con áreas de importancia ecológica al sur de Texas (McKinney *et al.* 2006).

Como parte de los esfuerzos de conservación y protección del área, en 2001 se puso en marcha el inventario de fauna silvestre del área con la iniciativa denominada Proyecto El Carmen, a cargo de la empresa Cementos Mexicanos (CEMEX). Con este trabajo se obtuvo el registro de 407 especies (una infraespecie) de cuatro grupos de vertebrados (apéndice 29; McKinney *et al.* 2003, McKinney 2012). Los datos obtenidos muestran una importante diversidad de especies silvestres en Maderas del Carmen, que alberga 60.2% de los vertebrados registrados para el estado (cuadro 1).

Mamíferos

De las 80 especies registradas (McKinney *et al.* 2003, McKinney 2012) sobresalen los carnívoros, como el oso negro (*Ursus americanus*), puma (*Puma concolor*), gato montés (*Lynx rufus*) y coyote (*Canis latrans*), y dos especies de vena-

---

Delgadillo-Villalobos, J.A., A. Espinosa-Treviño y H. Sotelo-Gallardo. 2018. Vertebrados silvestres de la sierra Maderas del Carmen. En: *La biodiversidad en Coahuila. Estudio de Estado*, vol. II. CONABIO/Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza, México, pp. 425-430.

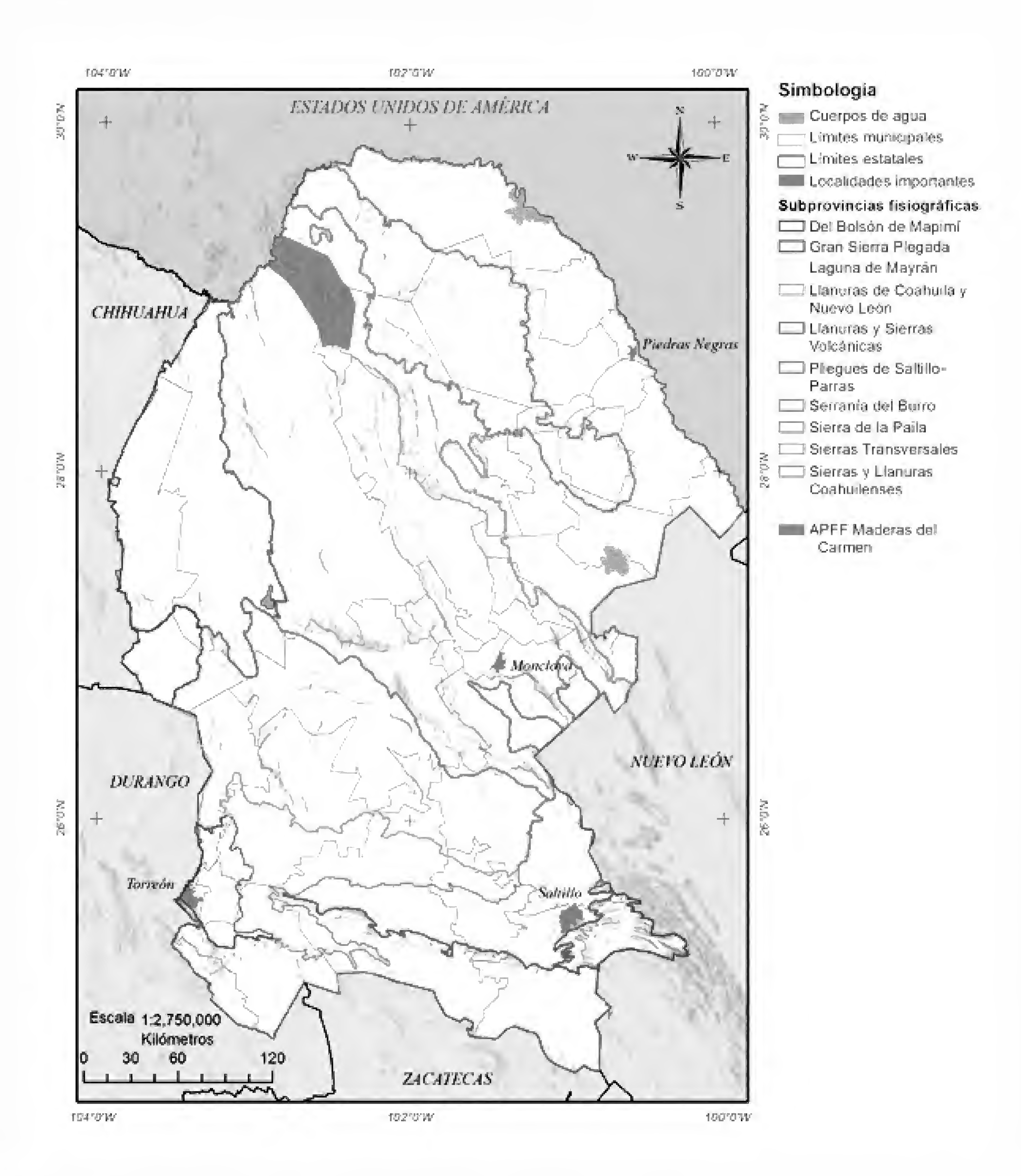


Figura 1. Ubicación geográfica del APFF Maderas del Carmen. Fuente: CONANP 2014a.

Cuadro 1. Número de especies por grupo biológico de vertebrados silvestres registrados en el ANP Maderas del Carmen.

Grupo biológico	Número de especies registradas en Maderas del Carmen	Número de especies registradas en Coahuila	% de especies respecto a la riqueza estatal
Anfibios	8	24	33.3
Reptiles	51	122	41.8
Aves	272	420	64.8
Mamíferos	79	119	66.3
Total	**410**	**691**	**59.3**

Fuente: McKinney *et al.* 2003, McKinney 2012.

do: el de cola blanca (*Odocoileus virginianus*) y el bura (*O. hemionus*; figura 2).

También se han registrado 20 especies de murciélagos (McKinney *et al.* 2003, McKinney 2012) de las que sobresale el murciélago magueyero mayor (*Leptonycteris nivalis*) como especie rara; y el de cola suelta brasileño (*Tadarida brasiliensis*) y el murciélago cola peluda canoso (*Lasiurus cinereus*) como especies comunes (figura 3).

Asimismo se tiene registro de 31 especies de roedores, de las cuales 21 corresponden a ratas y ratones, seis a ardillas, dos de tuzas (*Thomomys bottae* y *Cratogeomys castanops*) y el castor (*Castor canadensis*; McKinney *et al.* 2003, McKinney 2012).

Entre las especies de mamíferos menos conocidas se encuentran el topo norteamericano (*Scalopus aquaticus*) y el chichimoco (*Tamias dorsalis*), que ocupan un área reducida de la montaña; además hay dos especies del mismo orden y de la misma familia (*Sorex milleri* y *Notiosorex crawfordi*).

Del total de especies de mamíferos registradas, 11 se encuentran en alguna categoría de riesgo: cinco están en peligro de extinción, dos cuentan con protección especial y cuatro se encuentran amenazadas (SEMARNAT 2010; apéndice 29).



Figura 2. El venado bura es uno de los mamíferos más representativos de las áreas desérticas de Maderas del Carmen. Foto: Jonás A. Delgadillo 2011.

Herpetofauna

La diversidad de anfibios y reptiles de Maderas del Carmen está compuesta por 59 especies, de las cuales ocho son anfibios y 51 reptiles (McKinney *et al.* 2003, McKinney 2012). Entre los anfibios se pueden mencionar: sapo de espuelas (*Scaphiopus couchi*), sapo de puntos rojos (*Anaxyrus punctatus*), sapo texano (*A. speciosus*), sapo boca angosta olivaceo (*Gastrophryne olivacea*) y rana de cañón (*Hyla arenicolor;* figura 4).

En cuanto a los reptiles destacan especies comunes, como la víbora de cascabel de diamantes



Figura 3. El murciélago de cola suelta brasileño regularmente forma comunidades grandes dentro de cuevas en la sierra Maderas del Carmen. Foto: Jonás A. Delgadillo 2013.



Figura 4. La rana arborícola es uno de los anfibios comunes en el área. Habita principalmente los cañones húmedos con vegetación abundante. Foto: Jonás A. Delgadillo 2013.

(*Crotalus atrox*) y la de cola negra (*C. molossus*), los lagartijos cornudos (*Phrynosoma cornutum* y *P. modestum*) y la lagartija lagarto (*Gerrhonotus infernalis*). En el área no se reportan especies en peligro de extinción, pero 15 tienen estatus de protección especial, de las cuales tres corresponden a anfibios y 12 a reptiles, y bajo el estatus de amenazadas se reportan 11 especies de reptiles (SEMARNAT 2010; apéndice 29).

Avifauna

Este grupo es el de mayor diversidad en Maderas del Carmen, con 269 especies reportadas (McKinney *et al.* 2003, McKinney 2012), de las cuales destacan el guajolote norteño (*Meleagris gallopavo*), la codorniz escamosa (*Callipepla squamata*), el aguililla cola roja (*Buteo jamaicensis*) y la codorniz de Moctezuma (*Cyrtonyx montezumae;* figura 5), así como las especies incluidas en alguna categoría de riesgo; tal es el caso del águila real (*Aquila chrysaetos*), el halcón peregrino (*Falco peregrinus*) y el vireo gorra negra (*Vireo atricapilla*). En total 18 especies de aves cuentan con estatus de protección especial, cinco están amenazadas y tres se encuentran en peligro de extinción (SEMARNAT 2010; apéndice 29).

Amenazas y acciones de conservación

Las principales amenazas de la zona son el sobrepastoreo de ganado bovino, caprino y equino, la presencia de especies exóticas como el borrego berberisco (*Ammotragus lervia*) y los incendios forestales que, por su magnitud, se han convertido en un peligro para la biodiversidad en las ANP, y Maderas del Carmen no ha sido la excepción (CONANP y SEMARNAT 2011).

Actualmente la CONANP y los propietarios de la región, a partir de la iniciativa de conservación del proyecto El Carmen-CEMEX, realizan acciones de protección y restauración de hábi-



Figura 5. La codorniz de Moctezuma es una de las aves comunes en el área, y se distribuye principalmente en las partes boscosas. Foto: Jonás A. Delgadillo 2014

tats degradados; asimismo se tiene una amplia coordinación para la prevención y combate contra incendios forestales, como una medida para conservar el hábitat de la fauna silvestre.

Como parte del proyecto, a la fecha se ha logrado la reintroducción de dos especies nativas que habían sido extirpadas de la zona: el borrego cimarrón (*Ovis canadensis*) y el berrendo (*Antilocapra americana*; ver estudios de caso, en esta misma obra). Asimismo la protección de la zona ha permitido que otras especies, como el oso negro, el venado cola blanca y el venado bura (figura 2) sean cada vez más comunes.

La idea de hace 70 años se hizo realidad en el 2011, cuando se firmó la declaratoria de Área de Conservación de Interés Binacional Big Bend-Río Bravo, que comprende el Parque Nacional Big Bend, en Texas, y las áreas naturales de Ocampo, Santa Elena y Maderas del Carmen, en México, (CONANP 2014b). Con esto se espera incrementar la colaboración entre los dos países en materia de conservación de este importante corredor biológico transfronterizo, en beneficio de sus pobladores y de la vida silvestre.

Conclusión

Con una superficie que constituye 2% de Coahuila, Maderas del Carmen presenta 59.9% de su biodiversidad en lo que a vertebrados se refiere. A pesar de los impactos naturales y antropogénicos que ha sufrido a lo largo de su historia, el área ha mantenido prácticamente su biodiversidad con base en los registros históricos. No obstante, especies como el lobo gris mexicano (*Canis lupus*), el bisonte (*Bison bison*) y el oso plateado (*Ursus arctos*) se extinguieron de la zona (Baker 1956, Leopold 1959) y, al igual que el berrendo y el borrego cimarrón, se espera que en un futuro su regreso sea una realidad.

Referencias

Baker, R.H. 1956. Mammals of Coahuila, Mexico. *University of Kansas Museum of Natural History, Miscellaneous Publication* 9:125-335.

Ceballos, G. y G. Oliva. 2005. *Los mamíferos silvestres de México*. CONABIO/FCE, México.

CONANP. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 2014a. Áreas naturales protegidas federales de México, septiembre de 2014. Escala 1: 250 000. México.

——. 2014b. Área de Conservación de Interés Binacional Big Bend-Río Bravo. En: <*http://www.conanp.gob.mx/difusion/comunicado.php?id_subcontenido=223*>, última consulta: 3 de marzo de 2014.

CONANP y SEMARNAT. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas y Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2011. Estrategia y lineamientos de manejo de fuego en áreas naturales protegidas. México.

Garza de León, A., I. Morán, F. Valdés y R. Tinajero. 2007. Coahuila. En: *Avifaunas estatales de México*. R. Ortiz-Pulido, A. Navarro-Sigüenza, H. Gómez de Silva *et al.* (eds.). CIPAMEX, Hidalgo, pp. 98-136.

INE y SEMARNAP. Instituto Nacional de Ecología y Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. 1997. *Programa de Manejo del Área de Protección de Flora y Fauna Maderas del Carmen*. INE/SEMARNAP, México.

Lemos-Espinal, J.A. y H. Smith. 2007. *Anfibios y reptiles del estado de Coahuila, México*. UNAM/CONABIO, México.

Leopold, A.S. 1959. *Wildlife of Mexico*. University of California Press, Berkeley.

McKinney, B.R., P. Robles Gil, R. Skiles *et al.* 2005. El Carmen-Big Bend: un innovador modelo de alianzas públicas y privadas para la conservación transfronteriza. En: *Conservación transfronteriza, una nueva visión para áreas protegidas*. R. Mittermeier, C.F. Kormos, C.G. Mittermeier *et al.* (eds.). CEMEX, México, pp. 101-112.

McKinney, B.R., J. Delgadillo, F. Heredia y S. Gibert. 2003. Inventario biológico de la sierra Maderas del Carmen. Informe final. Coahuila (inédito).

McKinney, B.R. 2012. Qualitative and quantitative baseline inventory of the flora and fauna of Proyecto El Carmen. Informe final. Coahuila (inédito).

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el DOF. Texto vigente.

Murciélagos

Deborah Veranea Espinosa Martínez, Joaquín Arroyo Cabrales, César Antonio Ríos Muñoz, Rodrigo Antonio Medellín Legorreta y Livia Socorro León Paniagua

Descripción

Los murciélagos pertenecen al orden Chiroptera. Representan un grupo de mamíferos donde la ecolocalización (que es el uso de ultrasonido para orientarse, socializar, detectar y capturar presas) y el vuelo son sus características principales (Orozco-Lugo *et al.* 2013). Sus extremidades anteriores son alargadas, en especial los huesos de la palma y los cinco dedos, con excepción del pulgar que es el único que tiene una garra; dichas extremidades se han convertido en alas funcionales.

En cuanto a su tamaño y morfología se conocen adultos con un peso que va desde 2 g hasta 1.5 kg, mientras que en extensión de las alas se hallan individuos desde los 10 cm hasta los 1.7 m de envergadura. Respecto a su morfología, la diversidad de formas de cabeza, orejas, ojos, alas, coloración de pelaje y otros aspectos tienen que ver principalmente con los hábitos alimenticios y de perchado. La dieta de los murciélagos es diversa, ya que incluye especies insectívoras, frugívoras, polinívoras, piscívoras, carnívoras y hematófagas (Arroyo-Cabrales *et al.* 2011).

Con el objeto de evaluar la biología de este grupo de mamíferos en Coahuila, y en particular su diversidad y distribución, se realizó una revisión exhaustiva de la literatura disponible. Se tomaron como base los compendios publicados por el doctor José Ramírez Pulido y su equipo de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa (UAM-I; Ramírez-Pulido *et al.* 1986, 2000; Ramírez-Pulido y Castro-Campillo 1990, 1994).

A partir de dicha revisión se consultaron las publicaciones cuyo enfoque incluye el estudio de los murciélagos en el estado (Wilson *et al.* 1985, Arroyo-Cabrales *et al.* 2005, Contreras-Balderas *et al.* 2007). La nomenclatura que se siguió es la propuesta por Ramírez-Pulido *et al.* (2014), modificada para los Lasiurini de acuerdo con Baird *et al.* (2015). En lo que respecta al estado de conservación de las especies de quirópteros de Coahuila, se consultó la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT 2010), así como el listado de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN 2015).

Diversidad y distribución

Los murciélagos son el segundo orden de mamíferos con mayor diversidad y abundancia, con

Espinosa-Martínez, D.V., J. Arroyo-Cabrales, C.A. Ríos-Muñoz, R.A. Medellín y L. León-Paniagua. 2018. Murciélagos. En: *La biodiversidad en Coahuila. Estudio de Estado*, vol. II. CONABIO/Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza, México, pp. 431-439.

Cuadro 1. Especies de murciélagos con holotipos recolectados en Coahuila. KU: *University of Kansas Museum of Natural History*, Lawrence, Kansas, Estados Unidos de América; ZMB: *Zoologisches Museum der Humboldt-Universität zu Berlin*, Alemania.

Holotipo	No. Catálogo	Localidad
Mormoops megalophylla	ZMB 2 826	Parras (ver Smith 1972)
Leptonycteris nivalis subsp. *longala*	KU 33 087	19.31 km S, 3.22 km E Arteaga, 2 286 m
Myotis planiceps	KU 48 242	11.27 km S, 6.44 km E Bella Unión, 2 195 m
Pipistrellus subflavus subsp. *clarus**	KU 48 270	3.22 km O Jiménez, 259 m

* Corresponde al nombre que se asignó en la descripción original del taxón. Actualmente es una sinonimia para *Perimyotis subflavus* subsp. *clarus*, la cual no se reporta en el apéndice 30.
Fuente: elaboración propia.

más de 1 290 especies (UICN 2015). También ocupan el segundo lugar nacional en número de especies, con 139, que pertenecen a ocho familias. En Coahuila se conocen cuatro familias, 18 géneros y 30 especies (apéndice 30), lo que representa 27.1% de mamíferos para el estado (107 especies actualmente, según Espinosa-Martínez *et al.* 2016; véanse Mamíferos y Vertebrados silvestres de la sierra Maderas del Carmen, en esta misma obra).

Por otro lado, si se observa el número de especies conocidas en los estados vecinos se obtendrán los siguientes resultados: al oeste, Chihuahua (35 especies; López-González y García-Mendoza 2012); al este, Nuevo León (36; Moreno 1996); al sur, Zacatecas (42; Ríos-Muñoz *et al.* 2017); y al norte, Texas, Estados Unidos de América (33; Schmidly 2004). Coahuila posee el menor número de especies.

Cuatro taxones fueron descritos con base en ejemplares recolectados en el estado (cuadro 1): de tres de ellos sus ejemplares se hallan bajo resguardo del *University of Kansas Museum of Natural History*, Estados Unidos de América: *Leptonycteris nivalis* subsp. *longala* (=*Leptonycteris nivalis*), *Myotis planiceps* (figura 1) y *Pipistrellus subflavus* subsp. *clarus* (=*Perimyotis subflavus* subsp. *clarus*; Jones y Genoways 1969); mientras que el cuarto, *Mormoops megalophylla* (figura 2), procede de Parras y está bajo depósito en el *Zoologisches Museum der Humboldt-Universität zu Berlin*, Alemania (Carter y Dolan 1978).

En lo que respecta a las afinidades de las especies (figura 3), cuatro tienen afinidad neotropical (*Eumops perotis*, *Mormoops megalophylla*, *Molossus molossus* y *M. rufus*, figura 4), mientras que una es mesoamericana y endémica de México (*Corynorhinus mexicanus*, figura 5), y las especies restantes tienen afinidad neártica; una de éstas es endémica del país (*Myotis planiceps*, figura 1).

Todos los registros de murciélagos para Coahuila han sido reportados en 70 localidades, en su mayoría en elevaciones desde bajas a medias, de 148 a 2000 msnm (figura 6). Existe una concentración importante de localidades con registros en el valle de Cuatro Ciénegas, mientras que en el occidente del estado existen sólo algunas localidades aisladas.

La gran mayoría de las especies registradas son insectívoras (figura 7), ya sea de vuelo o de sustrato, mientras que hay dos especies que son



Figura 1. Murciélago de cabeza plana, *Myotis planiceps*. Microendémico que se distribuye en la unión de los estados de Coahuila, Nuevo León y Zacatecas. Insectívoro que percha en las hojas muertas de las yucas (*Yucca carnerosana*). Esta especie se creía extinta hasta su redescubrimiento en 2004. Foto: Bernal Rodríguez.



Figura 2. Murciélago cara de fantasma, *Mormoops megalophylla*. Especie insectívora ampliamente distribuida en Coahuila, forma colonias y perchan en cuevas. Foto: Archivo fotográfico del Programa de Conservación de Murciélagos Mexicanos (pcmm).

polinívoras (subfamilia Glossophaginae) y no se conocen murciélagos frugívoros, piscívoros o hematófagos en el estado. Los murciélagos de Coahuila generalmente perchan en el interior de cuevas o en construcciones humanas, como puentes y casas abandonadas.

Algunas especies pueden perchar en la vegetación, como el murciélago cenizo (*Aeorestes cinereus*, figura 8) que se ha hallado dentro del heno (*Tillandsia usneoides*), epífita de árboles de bosques templados (Menzel *et al.* 2002) o el murciélago cabeza plana (*Myotis planiceps*) que, según se conoce, se refugia en las yucas de la especie *Yucca carnerosana* (Arroyo-Cabrales *et al.* 2006, Núñez-Rojo 2011).

Existen por lo menos cuatro especies de murciélagos migratorios en Coahuila. La mayoría pasa el verano en este estado y en el invierno se retira a latitudes más sureñas. Las hembras del murciélago guanero (*Tadarida brasiliensis*) forman colonias de maternidad durante el verano; se presentan en el norte de México y el sur de los Estados Unidos de América, y se mueven hacia el sur en el invierno (Russell *et al.* 2005).

El murciélago magueyero mayor (*Leptonycteris nivalis*) y el murciélago hocicudo (*Choeronycteris mexicana*) tienen un patrón similar: pasan el verano en el norte y el invierno más al sur (Moreno-Valdez *et al.* 2004, Gómez-Ruiz *et al.* 2015). En relación a las especies insectívoras se ha planteado que el murciélago cenizo podría migrar del norte de México al sur de Canadá, lo que lo convertiría en la única especie de murciélago con individuos que se mueven en los tres países de Norteamérica (Cryan *et al.* 2004). Entre las especies conocidas para el estado, el murciélago guanero es el que forma las mayores colonias de seres vivos en Norteamérica y el mundo, sólo rebasado por los humanos.

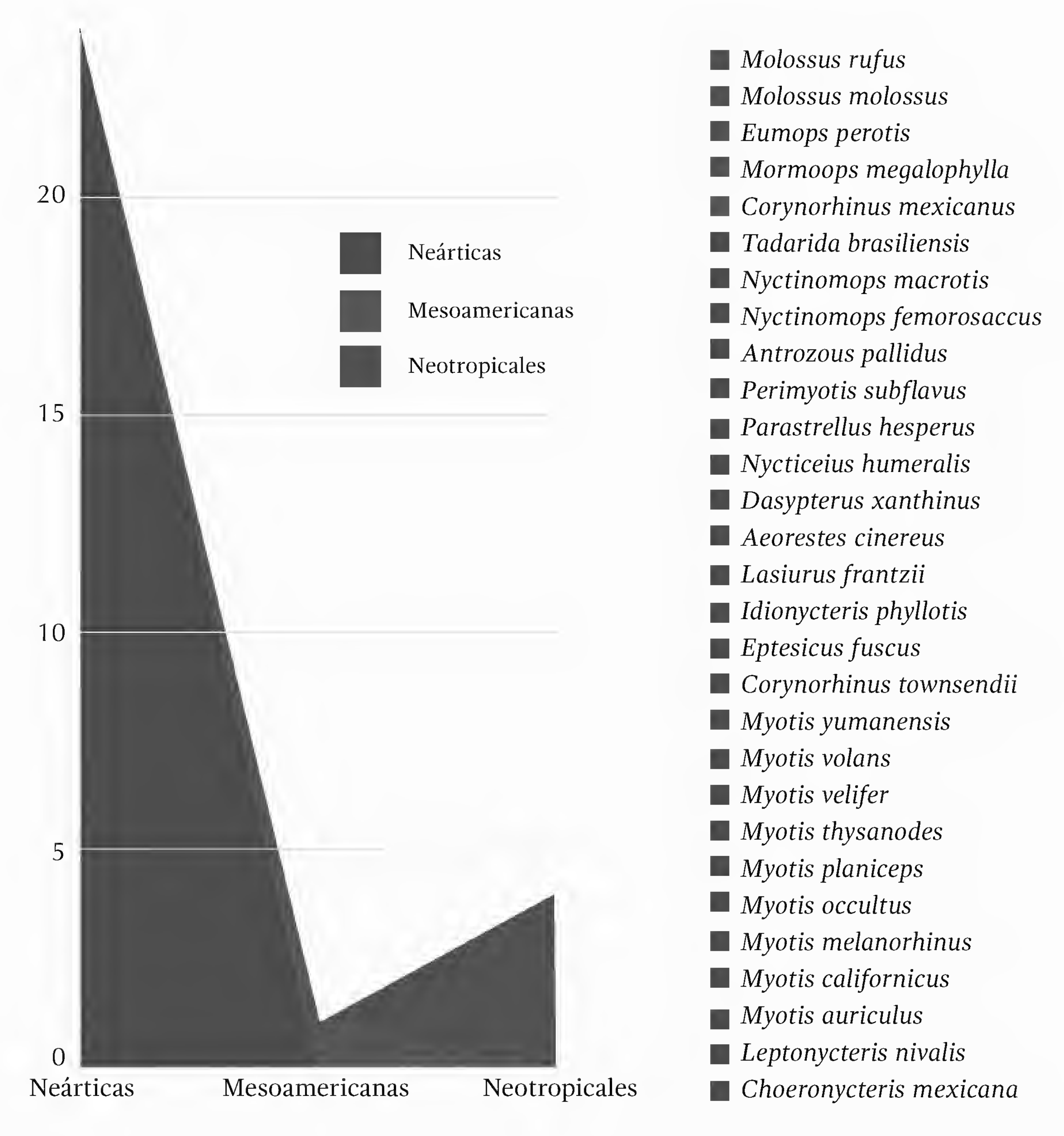


Figura 3. Afinidades biogeográficas de los murciélagos conocidos para Coahuila. Fuente: elaboración propia.

Importancia ecológica, económica y cultural

Los murciélagos son animales de gran importancia por el considerable número de servicios ambientales que prestan, como son el consumo de insectos plaga, la polinización de especies vegetales de importancia comercial y la reforestación de áreas tropicales (Medellín 2003). Gómez-Ruíz *et al.* (2015) señalan la importancia del murciélago magueyero mayor y el murciélago hocicudo por su papel ecológico como polinizadores de agaves y cactáceas en los ecosistemas áridos y semiáridos de México, en particular en Coahuila y Nuevo León.

Por otro lado, el murciélago guanero, especie que se encuentra distribuida en todo el estado, ha sido considerado capaz de representar ganancias a nivel económico por su papel como depredador de insectos plaga en cultivos de maíz y algodón (Cleveland *et al.* 2006, Federico *et al.* 2008).

En cuanto a los aspectos culturales, la información es prácticamente inexistente y al parecer no hay una tradición acerca de estos animales en los pueblos indígenas del estado. No obstante, en las etnias apaches que habitaron la parte norte



Figura 4. Murciélago cola libre, *Molossus rufus*. Se distribuye desde México hasta Argentina. Presenta hábitos insectívoros, es de las especies más grandes en el país y en general percha en fisuras. Foto: Tania González.



Figura 5. Murciélago orejudo, *Corynorhinus mexicanus*. Es una especie endémica de México con hábitos insectívoros, perchan en cuevas y son capaces de entrar en torpor. Foto: Richard LaVal.

de Coahuila, lipanes y mescaleros o mexicaleros (Hodge 1907, Opler 1983, Schober 2009), existen algunas leyendas en las cuales se mencionan a los murciélagos (Boyer 1972, Sánchez 2014).

Situación y estado de conservación

Con referencia a su estado de conservación (cuadro 2), dos especies de polinívoros están consideradas como amenazadas por la norma mexicana (SEMARNAT 2010), mientras que un insectívoro, el murciélago de cabeza plana, está considerado en peligro de extinción. En lo que respecta a la Lista Roja de la UICN (2015), el mismo murciélago de cabeza plana y el magueyero mayor están enlistadas como en peligro, mientras que los dos polinívoros se encuentran como casi amenazados.

Amenazas y acciones para su conservación

Los murciélagos de Coahuila son un grupo poco estudiado o al que se le ha prestado escasa atención, lo que puede deberse a que es uno de los estados con menor diversidad de estos animales. De hecho, en los dos programas de manejo presentados a nivel federal para la creación de ANP en la entidad, Cuatro Ciénegas (INE y SEMARNAP 1999) y Maderas del Carmen (SEMARNAT 2013), no se han señalado propuestas específicas para la protección de los murciélagos.

Gómez-Ruíz *et al*. (2015) evaluaron los problemas y el conocimiento de los pobladores de las comunidades cercanas a algunas cuevas con grandes grupos de murciélagos en Coahuila y Nuevo León, y proponen algunas actividades que conlleven a la protección de esta especie en dichas comunidades.

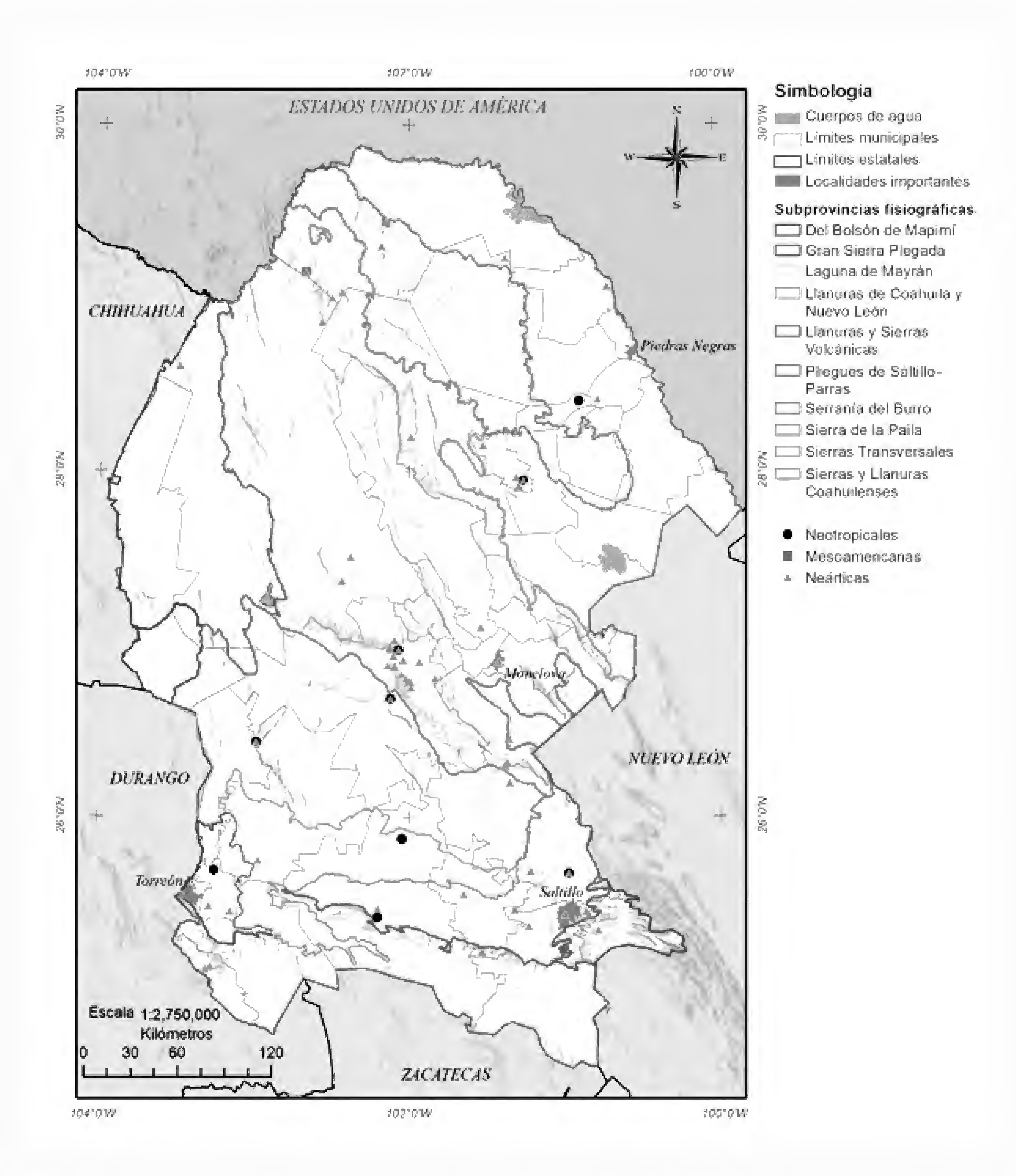


Figura 6. Localidades de registro y afinidades biogeográficas de las especies de murciélagos en Coahuila. Rosa: neárticas, negro: neotropicales, verde: mesoamericanas. Fuente: elaboración propia.



Figura 7. Murciélago pálido o desertícola, *Antrozous pallidus*. Especie que se distribuye en toda Norteamérica. Se alimenta de insectos que se encuentran en el sustrato. Foto: Bernal Rodríguez.



Figura 8. Murciélago cenizo, *Aeorestes cinereus*. Especie migratoria que se conoce en gran parte de Norteamérica. Insectívoro que percha en el heno (*Tillandsia usneoides*) y generalmente son individuos solitarios. Foto: Bernal Rodríguez.

Cuadro 2. Especies de murciélagos de Coahuila enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (A: amenazada, P: en peligro de extinción) y la UICN (NT: casi amenazado, EN: en peligro).

Especie	SEMARNAT	UICN
*Choeronycteris mexicana**	A	NT
Leptonycteris nivalis	A	EN
Corynorhinus mexicanus	-	NT
*Myotis planiceps**	P	EN

*Endémica.
Fuente: SEMARNAT 2010, UICN 2015.

Conclusión

Los murciélagos en Coahuila han sido poco estudiados debido a que los esfuerzos en su muestreo han sido restringidos, ya sea en áreas de protección o algunas localidades particulares. No obstante, al conocer que los estados vecinos tienen mayor diversidad, se sugiere realizar un inventario estatal más completo para ahondar en el conocimiento de las especies que se distribuyen en la entidad.

Se recomienda la conservación del hábitat, ya que especies como el murciélago cabeza plana, el cenizo y el orejudo, por sus hábitos dependen de vegetación primaria. La mayoría de las especies de murciélagos que se encuentran en Coahuila se alimentan de insectos, por ello es de suma importancia que se evalúe el impacto del uso de pesticidas. Asimismo, como un número considerable de murciélagos en el estado perchan en cuevas, deben de evitarse los incendios en estos lugares.

Vale la pena mencionar que en la entidad no se encuentra el murciélago vampiro común (*Desmodus rotundus*), que es uno de los reservorios del virus de la rabia, por lo que no es ne-

cesario que la población se alarme y le tema a los murciélagos, ya que los servicios ambientales que presentan estas especies, como controladores de plagas y polinizadores, son muy importantes (Cleveland *et al.* 2006, Gómez-Ruíz *et al.* 2015).

Referencias

Arroyo-Cabrales, J., E.K.V. Kalko, R.K. LaVal *et al.* 2005. Rediscovery of the mexican flat-headed bat *Myotis planiceps* (Vespertilionidae). *Acta Chiropterologica* 7:309-314.

Arroyo-Cabrales, J., R.A. Medellín y L. Navarro. 2011. Los murciélagos. Aspectos generales y los servicios ambientales en la selva. En: *Los murciélagos de Calakmul. Guía ilustrada*. J. Arroyo-Cabrales, A. González-Christen, D. Canales-Espinoza *et al.* (eds.). Consejo Veracruzano de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico (COVEICYDET), Veracruz, pp. 16-31.

Arroyo-Cabrales, J., R.A. Medellín y O.J. Polaco. 2006. The flat-headed *Myotis* is alive and well. *Bats* 26:7-8.

Baird, A.B., J.K. Braun, M.A. Mares *et al.* 2015. Molecular systematic revision of tree bats (Lasiurini): doubling the native mammals of the hawaiian islands. *Journal of Mammalogy* 96:1255-1274.

Boyer, R.M. 1972. A mescalero apache tale: the bat and the flood. *Western Folklore* 31:189-197.

Carter, D.C. y P.G. Dolan.1978. Catalogue of type specimens of neotropical bats in selected european museums. *Special publications, The Museum, Texas Tech University* 15:1-136.

Cleveland, C.J., M. Betke, P. Federico *et al.* 2006. Economic value of the pest control service provided by brazilian free-tailed bats in south-central Texas. *Frontiers in Ecology and the Environment* 4:238-243.

Contreras-Balderas, A.J., D.J. Hafner, J.H. López-Soto *et al.* 2007. Mammals of the Cuatro Cienegas basin, Coahuila, Mexico. *The Southwestern Naturalist* 52:400-409.

Cryan, P.M., M.A. Bogan, R.O. Rye *et al.* 2004. Stable hydrogen isotope analysis of bat hair as evidence for seasonal molt and long-distance migration. *Journal of Mammalogy* 85:995-1001.

Espinosa-Martínez, D.V., C.A. Ríos-Muñoz, N. González-Ruíz *et al.* 2016. Mamíferos de Coahuila. *Revista Mexicana de Mastozoología (Nueva época)* 6:1-28.

Federico, P., T.G. Hallam, G.F. McCraken *et al.* 2008. Brazilian free-tailed bats as insect pest regulators in transgenic and conventional cotton crops. *Ecological Applications* 18:826-837.

Gómez-Ruiz, E., C. Jiménez, J.J. Flores-Maldonado *et al.* 2015. Conservación de murciélagos nectarívoros (Phyllostomidae: Glossophagini) en riesgo en Coahuila y Nuevo León. *Therya* 6:89-102.

Hodge, F.W. 1907. *Handbook of american indians north of Mexico*. Government Printing Office, Washington.

INE y SEMARNAP. Instituto Nacional de Ecología y Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. 1999. Programa de Manejo del Área de Protección de Flora y Fauna Cuatrociénegas. INE/SEMARNAP, México.

Jones, J.K. Jr. y H.H. Genoways. 1969. Holotypes of recent mammals in the Museum of Natural History, The University of Kansas. En: *Contributions in Mammalogy*. J.K. Jr. Jones (ed.). *University of Kansas Museum of Natural History, Miscellaneous Publication*, 51:1-428.

López-González, C. y D.F. García-Mendoza. 2012. A checklist of the mammals (Mammalia) of Chihuahua, Mexico. *Check List* 8:1122-1133.

Medellín, R.A. 2003. Diversity and conservation of bats in Mexico: research priorities, strategies and actions. *Wildlife Society Bulletin* 31:87-97.

Menzel, M.A., T.C. Carter, W.M. Ford *et al.* 2002. Summer roost tree selection by eastern red, seminole, and evening bats in the upper coast plain of South Carolina. *Proceedings of the Annual Conference of the Southeastern Association of Fish and Wildlife Agencies* 54:304-313.

Moreno, A. 1996. *Murciélagos de Nuevo León. Nuestros invaluables aliados*. Bat Conservation International, Monterrey.

Moreno-Valdez, A., R.L. Honeycutt y W.L. Grant. 2004. Colony dynamics of *Leptonycteris nivalis* (mexican long-nosed bat) related to flowering *Agave* in northern Mexico. *Journal of Mammalogy* 85:453-459.

Núñez-Rojo, M.P. 2011. *Caracterización del hábitat y de los refugios del murciélago de cabeza plana (Myotis planiceps, Vespertilionidae) en tres estados del norte de México*. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias-UNAM, México.

Opler, M.E. 1983. Mescalero apache. En: *Handbook of North American Indians*. Sturtevant W. C. Smithsonian Institution, Washington, pp. 419-439.

Orozco-Lugo, L., A. Guillén-Servent, D. Valenzuela-Galván *et al.* 2013. Descripción de los pulsos de ecolocalización en once especies de murciélagos insectívoros aéreos de una selva baja caducifolia en Morelos, México. *Therya* 4:33-46.

Ramírez-Pulido, J. y A. Castro-Campillo. 1990. *Bibliografía reciente de los mamíferos de México*: 1984/1988. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa (UAM-I), México.

——. 1994. *Bibliografía reciente de los mamíferos de México: 1989/1993*. UAM-I, México.

Ramírez-Pulido, J., M.C. Britton, A. Perdomo y A. Castro. 1986. *Guía de los mamíferos de México. Referencias hasta 1983*. UAM-I, México.

Ramírez-Pulido, J., A. Castro-Campillo, M.A. Armella y A. Salame-Méndez. 2000. *Bibliografía reciente de los mamíferos de México: 1994-2000.* UAM-I, México.

Ramírez-Pulido, J., N. González-Ruiz, A.L. Gardner y J. Arroyo-Cabrales. 2014. List of recent mammals of Mexico. *Special publications, Museum of Texas Tech University* 63:1-69.

Ríos-Muñoz, C.A., D.V. Espinosa-Martínez, C. Ballesteros-Barrera *et al.* 2017. Mamíferos de Zacatecas. *Revista Mexicana de Mastozoología (Nueva época)* 7:1-24.

Russell, A.L., R.A. Medellín y G.F. McCracken. 2005. Genetic variation and migration in the mexican free-tailed bat (*Tadarida brasiliensis mexicana*). *Molecular Ecology* 14:2207-2222.

Sánchez, L.A. 2014. *Apache legends and lore of southern New Mexico, from the Sacred Mountain.* History Press, Charleston.

Schmidly, D.J. 2004. *Mammals of Texas.* University of Texas Press, Austin.

Schober, O. 2009. Los apaches en Coahuila. En: <*http://www.zocalo.com.mx/imprimir/opinion/98737*>, última consulta: 18 de diciembre de 2015.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el DOF. Texto vigente.

——. 2013. Programa de Manejo del Área de Protección de Flora y Fauna Maderas del Carmen. SEMARNAT, México.

Smith, J.D. 1972. Systematics of the chiropteran family Mormoopidae. *University of Kansas Museum of Natural History, Miscellaneous Publication* 56:1-132.

UICN. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. 2015. IUCN Red list of threatened species. En: <*http://www.iucnredlist.org*>, última consulta: 10 de diciembre de 2015.

Wilson, D.E., R.A. Medellín, D.V. Lanning y H.T. Arita. 1985. Los murciélagos del noreste de México, con una lista de especies. *Acta Zoológica Mexicana* 8:1-26.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

El perrito llanero mexicano

Laura Magdalena Scott Morales y Mauricio Cotera Correa

Descripción

El perrito llanero mexicano (*Cynomys mexicanus*; figura 1) es un mamífero del orden de los roedores (Rodentia) y de la familia de las ardillas (Sciuridae). Fue descrito por primera vez por el doctor Hart Merriam en 1892 y se considera descendiente de la especie hermana *C. ludovicianus* (perrito llanero cola negra, Pizzimenti y McClenaghan 1974). El perrito llanero mexicano es un roedor social de tamaño pequeño (30 a 35 cm), con un peso que oscila entre uno y dos kilogramos.

En condiciones naturales forman densas colonias que pueden alcanzar miles de individuos, los cuales viven en grupos familiares que se componen por lo general de uno o dos machos, dos a tres hembras y tres a cuatro juveniles. En época de reproducción es posible observar camadas de dos a nueve o más crías por familia (Rioja-Paradela 2003). Su hábitat natural son los pastizales gipsófilo y halófito (que crecen en yacimientos de yeso y en ambientes con alta concentración de sales, respectivamente) de la Meseta Central del Desierto Chihuahuense, localizados en los valles intermontanos entre los 1 600 y 2 100 msnm.



Figura 1. Perrito llanero mexicano en los pastizales de la Trinidad, Coahuila. Foto: Laura Scott.

Distribución

Esta especie es endémica de la región noreste de México. Originalmente se distribuía en la Meseta Central del Desierto Chihuahuense, en valles, praderas y planicies de Coahuila, Nuevo León, San Luis Potosí y Zacatecas (Hall 1981). El área de distribución original, considerada de 1 500 km^2 aproximadamente (Treviño-Villarreal y Grant 1998), se redujo hace 23 años a 500 km^2, según diferentes autores (González-Saldívar 1990) o 600 km^2 (Ceballos *et al.* 1993).

Scott-Morales, L.M. y M. Cotera-Correa. 2018. El perrito llanero mexicano. En: *La biodiversidad en Coahuila. Estudio de Estado*, vol. II. CONABIO/Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza, México, pp. 441-446.

Los últimos reportes indican una continua disminución que alcanza una extensión de 275 km^2 (figura 2; Scott-Morales *et al.* 2006), incluso, desapareció de Zacatecas (González-Saldivar 1990, Treviño-Villarreal y Grant 1998). No obstante, recientemente se ha realizado una reintroducción de la especie en ese estado (CONANP 2014).

Su distribución en Coahuila está restringida a una superficie de aproximadamente 101 km^2, en colonias ubicadas en el municipio de Saltillo, en localidades conocidas como el Rancho Los Ángeles, propiedad de la UAAAN, y llano La India y Gómez Farías, pertenecientes a la subprovincia Sierra y Llanuras Coahuilenses.

Estado de conservación e importancia

La reducción de su hábitat en las últimas dos décadas ha provocado una disminución drástica de la presencia del perrito llanero mexicano (Scott-Morales *et al.* 2004, 2006), de tal manera que en México se considera en peligro de extinción de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 y especie en peligro de acuerdo a la Lista Roja de la UICN (2014).

Desde el punto de vista ecológico, esta especie es imprescindible por ser "clave" para el paisaje, ya que modifica y mantiene la dinámica del ecosistema donde vive, al remover grandes cantidades de suelo y cambiar la composición y estructura de la flora y, además, por representar una presa para diversas especies de depredadores (Ceballos *et al.* 1999).

Amenazas para su conservación

Por décadas, los pastizales donde habita el perrito llanero mexicano han sido pastoreados en forma intensiva; es así que en un día cotidiano es posible encontrar hatos de cabras de más de 400 individuos, y ganado vacuno y equino por docenas que pastan libremente y conviven con el perrito llanero (Scott-Morales y Cotera-Correa 2012).

De acuerdo a Mellado y colaboradores (2005), el traslape de dieta entre el perrito llanero mexicano y el ganado ovino alcanza 68%, mientras que la similitud de la dieta con el ganado caprino es baja y no sobrepasa 40%, por lo que no se considera un perjuicio económico a largo plazo para la ganadería. Sin embargo, la percepción social acerca de la especie es diferente, ya que los campesinos le adjudican daños económicos (no cuantificados) por competencia alimenticia con el ganado y daños a los cultivos distribuidos ampliamente en los valles.

De acuerdo a la literatura existente (Jiménez-Guzmán 1976, Medina y De la Cruz 1976), el perrito llanero fue obstinadamente envenenado durante los años setenta, lo que resultó en bajas importantes de la población, pero nunca se consideró en extinción. Por este motivo, en un inicio se planteó que esta especie es altamente resistente a químicos y a perturbaciones.

A pesar de ello, ahora se conoce que las poblaciones de perritos llaneros están conectadas y que la dinámica natural es la de una metapoblación[1] (Scott-Morales *et al.* 2005), donde la dispersión es importante para la persistencia de la especie. Hay registros de la dispersión del perrito llanero mexicano desde su territorio natal a aproximadamente medio kilómetro de distancia (Medrano 2010), aunque otras especies de perrito llanero pueden desplazarse hasta 10 km (Hoogland 2006).

En Coahuila, 36% de la superficie de pastizales está habitada por el perrito llanero. Las localidades ubicadas en el municipio de Saltillo, que si bien no son las de mayor superficie, sí son las que poseen mayor densidad (Scott-Morales y Estrada 1999).

Durante un monitoreo a mediano plazo, se constató que en Coahuila algunas colonias de

[1] Población compuesta de subpoblaciones, las cuales intercambian individuos por medio de dispersión.

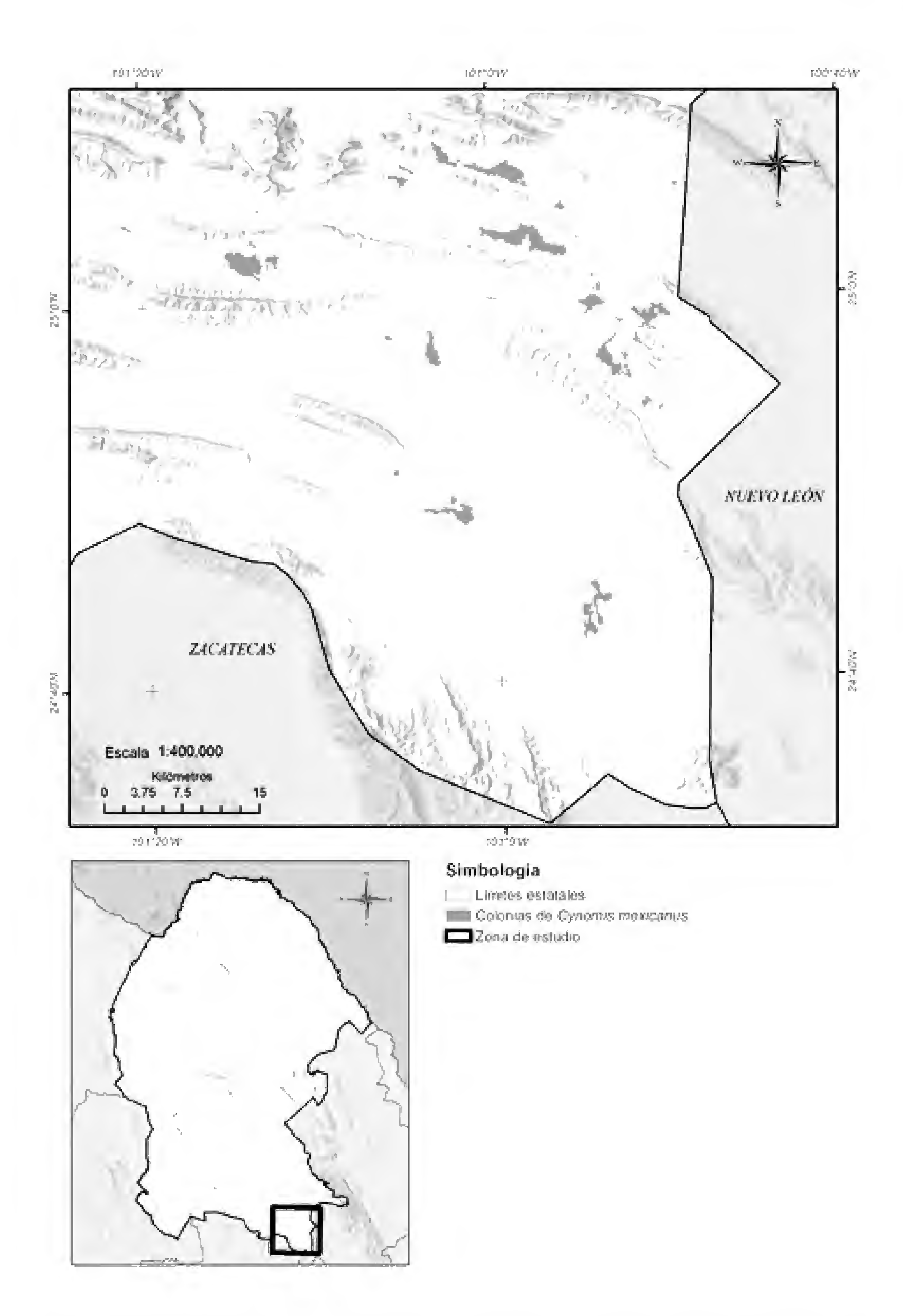


Figura 2. Distribución actual del perrito llanero mexicano en Coahuila. Fuente: modificado de Scott-Morales *et al.* 2006.

perrito llanero mexicano se encuentran fragmentadas. A pesar de ello existe un proceso de recuperación y fusión de colonias, lo cual resulta en un aumento de superficie en relación con el año 1999: de 82 a 101 km^2 (Scott-Morales *et al.* 2006).

Al igual que en otros estados donde se presenta esta especie, la principal causa de extinción parece estar fuertemente ligada a las actividades agrícolas, las cuales provocan pérdida de hábitat a nivel regional (Treviño-Villarreal *et al.* 1996, Scott-Morales *et al.* 2006).

La erosión de suelo a causa de pastoreo intensivo y prolongadas sequías ha sido el argumento para que, en la última década, se lleven a cabo acciones de "recuperación de suelo" o "evasión de erosión", mismas que no se han planeado adecuadamente y han causado disturbio moderado a las colonias localizadas en Coahuila.

Un caso concreto se dio en el valle de la Soledad, en el municipio de Saltillo, frontera con Nuevo León, donde se realizaron acciones con la finalidad de recuperar el suelo (aperturas de zanjas) y dar una solución al problema de erosión. No obstante, éstas resultaron en una interrupción a la continuidad de las colonias, ya que en la actualidad las zanjas crecen por acción erosiva y agudizan más la fragmentación de dichas colonias (Scott-Morales y Cotera-Correa 2012).

Acciones de conservación

Con el fin de conocer el tamaño de población efectivo para una permanencia a largo plazo, un estudio exploró con datos de campo y literatura (Scott-Morales *et al.* 2005) el futuro de sus poblaciones en el Altiplano Mexicano, que incluye las poblaciones de perrito llanero mexicano en el municipio de Saltillo.

Los modelos de proyección a largo plazo del complejo de colonias ubicadas en el estado indican que éstas mantendrían un equilibrio a largo plazo (es decir, una baja probabilidad de extinción en 100 años), lo que probablemente se deba a que entre las colonias cercanas existe una conexión y que algunas poblaciones, como las del Rancho Los Ángeles, no se extinguirían mientras prevalezcan las condiciones actuales (Scott-Morales *et al.* 2006). Sin embargo, se requieren de estudios más detallados que identifiquen las variables que determinan la presencia del perrito llanero.

Hay avances considerables en la protección de la especie, ya que mediante acciones gubernamentales y actividades de organizaciones no gubernamentales (ONG) se han logrado conservar algunas colonias, ya sea en ANP estatales o mediante convenios de servidumbre,[2] tales como las del valle de Gómez Farías, El Cercado y La India, en el municipio de Saltillo.

Sin duda, los estudios realizados a la fecha arrojan información relevante acerca de los aspectos ecológicos y geográficos de la especie. Sin embargo, esto no se refleja en acciones de conservación, ya que la pérdida de hábitat continúa por las causas ya mencionadas y las áreas dedicadas para su protección se aíslan cada vez más por fragmentación.

Se requiere de un planteamiento integral, donde el diseño paisajístico de las áreas de conservación para ésta y otras especies considere la conectividad entre las mismas y haga efectivas las áreas de amortiguamiento que las rodean. Sin una estrategia donde se considere el uso racional del suelo y los objetos de conservación, todos los esfuerzos por mantener a largo plazo la riqueza natural serán insuficientes.

[2] El convenio de servidumbre es considerado un derecho real sobre un predio ajeno y consiste en regular ciertos actos al propietario o tener la facultad de usar el predio de un modo determinado.

Conclusión

Con más de dos décadas de estudios sobre el perrito llanero mexicano, se cuenta con una visión real de su situación histórica y actual que da herramientas para proponer estrategias efectivas para la recuperación de la especie y la planeación de redes de sitios para su conservación. A pesar de los esfuerzos realizados por diversas organizaciones gubernamentales y asociaciones civiles, no se ha logrado aún el objetivo principal: resguardar las colonias de *Cynomys mexicanus*.

Los múltiples intereses que interactúan en la región de distribución de la especie dificultan alcanzar el objetivo; por un lado, la demanda cada vez mayor de tierra y agua por parte de los agricultores, así como el pastoreo que cada vez es menos eficiente debido al bajo rendimiento de los pastizales, que se ven rebasados en su capacidad productiva. Por otro lado, la pobreza que impera en la región, la falta de oportunidades de trabajo y los fenómenos naturales como la sequía, conforman el escenario para una tarea difícil, pero no imposible.

Permitir el pastoreo bajo un régimen de rotación de potreros y considerar la capacidad de carga, será de beneficio para todas las partes. No permitir la agricultura mecanizada ni a gran escala será un reto que deberá ser tomado con precaución, pero firmemente. Tal vez el reto más difícil sea evitar la extracción descontrolada del agua, sobre todo por la carencia de datos que den soporte al manejo racional.

El impacto de la agricultura en la región con respecto al consumo de agua todavía no está evaluado, pero si se considera que el Altiplano es una región de eventos naturales azarosos, como lluvias intensas o sequías prolongadas, la extracción de agua subterránea agravará sin duda la situación ya precaria de la región.

Coahuila representa una oportunidad para la conservación del perrito llanero. La agricultura mecanizada en los pastizales donde se encuentran colonias de estos animales no es común, y los pastizales, sobre todo los localizados sobre los 1 900 msnm, son de los más productivos en la zona. El pastoreo bien llevado no representa un riesgo para la especie y, por el contrario, beneficiaría tanto al perrito llanero como a los habitantes de las zonas rurales, ya que evitaría la erosión que el sobrepastoreo ocasiona y contribuiría notoriamente a la captación e infiltración del agua.

Ofrecer a las comunidades rurales alternativas de trabajo, de agricultura controlada, o proponer opciones para que continúen con sus actividades tradicionales, también se incluyen en las estrategias de conservación. El legado cultural también es parte de la biodiversidad, por lo que conciliar estos intereses es la función de personas y profesionistas.

Para avanzar en la conservación de ésta y otras especies, se requiere que las decisiones ya tomadas se lleven a cabo y que se hagan efectivas las restricciones de uso del suelo y el respeto a la vida silvestre. Incrementar las acciones de conservación sin el antecedente del cumplimiento de los reglamentos y la aplicación de sanciones por el incumplimiento de las leyes, llevará a resultados pobres y a una conservación ineficiente, sin nombrar los costos financieros que ello implica.

Referencias

Ceballos, G., E. Mellink y L.R. Hanebury. 1993. Distribution and conservation status of prairie dogs *Cynomys mexicanus* and *Cynomys ludovicianus* in Mexico. *Biological Conservation* 63:105-112.

Ceballos, G., J. Pacheco y R. List. 1999. Influence of prairie dogs (*Cynomys ludovicianus*) on habitat heterogeneity and mammalian diversity in Mexico. *Journal of Arid Environments* 41:161-172.

conanp. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 2014. Términos de referencia de los conceptos de apoyo para la ejecución de actividades del Programa de Conservación de Especies en Riesgo (procer), ejercicio fiscal 2014. En: <*https://www.gob.mx/conanp/acciones-y-programas/programa-de-conservacion-de-especies-en-riesgo*>.

González-Saldívar, F.N. 1990. *Der präriehund (Cynomys mexicanus Merriam, 1892) im nordosten Mexikos. Entwiklung eines modelles zur beurteilung seines lebensraumes*. Dissertation der Fakultät für Biologie der Ludwig-Maximilians-Universität, Munich.

Hall, E.R. 1981. *The mammals of North America*. John Wiley, Nueva York.

Hoogland, J.L. 2006. *Conservation of the black tailed prairie dog. Saving North America's western grasslands*. Island Press, Washington.

Jiménez-Guzmán, A. 1976. Los perritos de las praderas (*Cynomys mexicnus* Merriam) y su influencia en la agricultura en Nuevo León, México, En: *Memorias del Cuarto Simposium Nacional de Parasitología Agrícola*. ITRV (eds.). Universidad Veracruzana (UV), Veracruz, pp. 567-574.

Medina, T., J.G. y J.A. De la Cruz C. 1976. Ecología y control del perrito de la pradera mexicano (*Cynomys mexicanus* Merriam*). Monografía Técnico Científica*. UAAAN, 2(5):365-418.

Medrano, M. 2010. *Efecto de la fragmentación del hábitat sobre el perrito llanero Cynomys mexicanus en Galeana, Nuevo León, México*. Tesis de maestría en ciencias forestales. Facultad de Ciencias Forestales-UANL, México.

Mellado, M., A. Olvera, A. Quero y G. Mendoza. 2005. Dietary overlap between prairie dog (*Cynomys mexicanus*) and beef cattle in a desert rangeland of northern Mexico. *Journal of Arid Environments* 62:449-458.

Merriam, C.H. 1892. Description of a new prairie dog (*Cynomys mexicanus*) from Mexico. *Proceeding of the Biological Society* 7:157-158.

Pizzimenti, J.J. y L.R. McClenaghan, Jr. 1974. Reproduction, growth and development, and behavior in the mexican prairie dog, *Cynomys mexicanus* (Merriam). *American Midland Naturalists* 92:130-145.

Rioja-Paradela, T.M. 2003. *Comportamiento reproductivo del perrito llanero mexicano (Cynomys mexicanus Merriam) en el Altiplano Mexicano*. Tesis de maestría en ciencias forestales. Facultad de Ciencias Forestales-UANL, México.

Scott-Morales, L.M. y E.C. Estrada 1999. Distribución y estado actual del perro de las praderas (*Cynomys mexicanus* Merriam) en el Altiplano Mexicano. Reporte final, No. PP09. Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF), Monterrey.

Scott-Morales, L.M., E. Estrada, F. Chávez-Ramírez y M. Cotera. 2004. Continued decline in geographic distribution of the mexican prairie dog (*Cynomys mexicanus*). *Journal of Mammalogy* 85:1095-1101.

Scott-Morales, L.M., E. Gottschalk y M. Mühlenberg. 2005. Decline in the endemic Mexican prairie dog *Cynomys mexicanus*: what do we know about extinction risk? *Oryx* 39:389-397.

Scott-Morales, L.M., M. Cotera-Correa y E.A. Estrada-Castillón. 2006. Estado de conservación de las colonias de perro llanero (*Cynomys mexicanus*) en el Altiplano Mexicano. Informe técnico final. SEMARNAT/CONACYT, México.

Scott-Morales, L.M y M. Cotera-Correa. 2012. Profesores de la UANL. Observación personal. Mayo.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el DOF. Texto vigente.

Treviño-Villarreal, J., I.M. Berk y E.C. Andrade-L. 1996. The fate of the mexican praire dog (*Cynomys mexicanus*) in Coahuila, Nuevo Leon and San Luis Potosi, a case study of the human induced changes in the landscape of the North Mexico. En: *Proceedings of ecology of our landscape: the botany of where we live*. M. Hackett y S.H. Sohmer (eds.). Botanic Research Institute of Texas (BRIT), EUA, pp. 44-52.

Treviño-Villarreal, J. y W.E. Grant. 1998. Geographical range of the endangered mexican prairie dog (*Cynomys mexicanus*). *Journal of Mammalogy* 79:1273-1287.

UICN. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. 2014. IUCN Red list of threatened species. Versión 2014.2. En: <*www.iucnredlist.org*>, última consulta: 18 de septiembre de 2014.

Ecología del oso negro (*Ursus americanus eremicus*)

Jonás Adán Delgadillo Villalobos

Introducción

El oso negro es uno de los carnívoros más grandes que habitan en las montañas de Coahuila. Históricamente representa una especie codiciada, como trofeo de caza, y ha sido sujeto a una persecución constante por ser considerado como un depredador de ganado doméstico (Baker 1956, Leopold 1959, Villa 1974). Con el tiempo, estas dos situaciones ocasionaron una reducción considerable de sus poblaciones en las principales sierras del estado (Leopold 1959).

No obstante, se considera que sus poblaciones se han recuperado de manera importante en algunas zonas de su rango de distribución histórica, principalmente en las subprovincias Gran Sierra Plegada, Sierras Transversales, Serranía del Burro y Sierras y Llanuras Coahuilenses (Doan-Crider 1995, 2003; McKinney y Delgadillo 2007, Delgadillo 2011), lo que ha resultado en la adopción de su imagen como el emblema de la conservación de los recursos naturales del estado (Gobierno del Estado 1999).

Descripción

A nivel global se reconocen 16 subespecies de oso negro, de las cuales tres han sido reportadas en México (cuadro 1): *U. americanus eremicus*, *U. americanus machetes* y *U. americanus amblyceps* (Baker 1956, Leopold 1959, Hall 1981, Pelton *et al.* 1999).

El oso negro alcanza una longitud de 150 a 210 cm, es robusto con orejas pequeñas y cola corta. Los machos grandes pueden superar los 160 kilos de peso, pero generalmente fluctúan entre 80 y 130 kg de acuerdo a la edad, mientras que las hembras pesan entre 40 y 70 kg (McKinney y Delgadillo 2004; figuras 1 y 2).

A diferencia de las subespecies de la Sierra Madre Occidental (*U. a. machetes* y *U. a. amblyceps),* que presentan diferentes fases de color, la subespecie de la Sierra Madre Oriental (*U. a. eremicus*) regularmente presenta un pelaje color negro; en ciertas épocas del año se puede observar de color café, pero esta coloración se asocia a la condición nutricional del animal. Con una buena alimentación, en poco tiempo el pelaje se observará completamente negro (McKinney y Delgadillo 2004).

Delgadillo-Villalobos, J.A. 2018. Ecología del oso negro (*Ursus americanus eremicus*). En: *La biodiversidad en Coahuila. Estudio de Estado*, vol. II. CONABIO/Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza, México, pp. 447-452.

Cuadro 1. Listado de subespecies de oso negro distribuidas en México.

Orden	Familia	Género	Especie	Infraespecie	Distribución
Carnivora	Ursidae	*Ursus*	*americanus*	*eremicus*	Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas, Zacatecas y San Luis Potosí
		Ursus	*americanus*	*amblyceps*	Centro y norte de Sonora y Chihuahua
		Ursus	*americanus*	*machetes*	Sinaloa, Durango, Chihuahua y la porción norte de Zacatecas

Fuente: elaboración propia con base en Baker 1956, Leopold 1959, Hall 1981, Pelton *et al.* 1999.



Figura 1. Macho adulto de oso negro en la sierra Maderas del Carmen. Foto: Jonás A. Delgadillo.



Figura 2. Cría y madre de oso negro en el cañón del Álamo, dentro de la sierra Maderas del Carmen. Foto: Jonás A. Delgadillo.

Las hembras alcanzan la edad reproductiva a partir de los cuatro años y entran en celo durante los meses de junio y julio; presentan un periodo de gestación de siete meses y paren de una a cuatro crías cada dos años (Leopold 1959; figura 3). Su dieta está compuesta principalmente de materia vegetal (mayor a 90%) y el resto de materia animal (Herrera-González 1999, Delgadillo 2001, McKinney y Delgadillo 2004, Delgadillo *et al.* 2007, Martínez *et al.* 2014).

Distribución

Su distribución en el estado comprende principalmente las subprovincias de las Sierras y Llanuras Coahuilenses, Serranía del Burro, donde se localizan zonas montañosas como las sierras Maderas del Carmen, Santa Rosa, La Encantada y del Burro, áreas consideradas con una alta densidad poblacional de oso negro y con buena calidad de hábitat (Doan-Crider 2003, McKinney y Delgadillo 2007) y la Gran Sierra Plegada (SEMARNAT y CONANP 2012).

Su principal hábitat en estas montañas son los bosques de pino, pino-encino, encino, matorral submontano y matorral desértico rosetófilo; además utilizan el matorral espinoso y desértico micrófilo durante sus movimientos entre sierras (McKinney y Delgadillo 2007, Delgadillo 2011).



Figura 3. Cría de oso negro en el bosque de encino de la sierra Maderas del Carmen. Foto: Jonás A. Delgadillo.

Estado de conservación y amenazas

A nivel internacional no se considera que las poblaciones del oso negro estén en un nivel crítico (UICN 2013), pero pueden llegar a estarlo si no se regula adecuadamente su comercio y aprovechamiento, razón por la cual la especie se encuentra incluida en el Apéndice II de la CITES (2013).

En México la subespecie *U. a. eremicus* se encuentra en la lista de especies en peligro de extinción, excepto la población de la Serranía del Burro, al norte del estado, la cual tiene la categoría de protección especial de acuerdo a la norma oficial mexicana (SEMARNAT 2010). Esta categoría le fue asignada al considerar que la población de esta zona se ha recuperado favorablemente y mantiene una densidad poblacional igual o mayor a otras de Norteamérica (Doan-Crider 1995, INE y SEMARNAP 1999).

La existencia de importantes extensiones de bosque, junto con la protección federal y tolerancia de muchas comunidades y ranchos ganaderos hacia la especie, trajo como resultado la rápida recuperación de la población, a tal grado de ocupar actualmente todo su rango de distribución histórico en el estado. No obstante, este mamífero todavía enfrenta diversas amenazas en la entidad, como la cacería ilegal y la eliminación de individuos como resultado de conflictos por depredación de ganado, además de la captura de oseznos (crías de oso) como mascotas (PROFEPA 2008).

La pérdida de hábitat para el oso negro en Coahuila es baja, ya que la tasa de deforestación

anual es menor a 0.1% (5 950 ha por año), además es considerado uno de los estados con mayores tasas de reforestación (Céspedes-Flores y Moreno-Sánchez 2010). A pesar de ello, el rápido crecimiento de las zonas urbanas y la red de carreteras interfieren en su corredor biológico, lo cual afecta su dispersión natural a través de la Sierra Madre Oriental.

Acciones de conservación

En México las acciones para la conservación del oso negro se encuentran plasmadas en el Programa de Acción para la Conservación de la Especie (PACE), el cual tiene como objetivo identificar, diseñar e implementar acciones de conservación y manejo de las poblaciones del oso negro y su hábitat de distribución en el país, que deriven en la generación de información, así como en la recuperación de la especie (SEMARNAT y CONANP 2012).

Este documento define al oso negro como una especie prioritaria, lo cual ha contribuido a la designación de recursos encaminados a su protección e investigación, por lo que actualmente se realizan diferentes estudios a lo largo de la Sierra Madre Oriental, dentro de Coahuila y Nuevo León, lo que aumenta el conocimiento acerca de su distribución, estatus poblacional y manejo de conflictos.

Asimismo en Coahuila existen ANP con registros de oso negro: en el norte se encuentran las APFF Maderas del Carmen, Ocampo y el Área de Protección de Recursos Naturales Río Sabinas, La Encantada, Santa Rosa y Los Burros; en la región central se localiza el APFF Cuatrociénegas; mientras que al sur del estado se encuentran la sierra de Arteaga y la de Zapalinamé. Estas áreas juegan un papel importante en la conservación de la especie como consecuencia de la existencia de programas de vigilancia, combate de incendios forestales y restauración de hábitats degradados.

Fuera de las ANP, principalmente en las subprovincias de la Serranía del Burro, Sierras y Llanuras Coahuilenses, Sierra de la Paila y Llanuras de Coahuila y Nuevo León, el hábitat del oso negro se ha visto beneficiado por la proliferación de las UMA, donde los propietarios de estas unidades se han favorecido económicamente con la extracción de fauna silvestre (Guajardo-Quiroga y Martínez-Muñoz 2004, Cantú *et al.* 2011, SEMARNAT 2013a, b).

A diferencia de la Serranía del Burro, donde la población tiene el estatus de protección especial, en la mayor parte del estado y el país mantiene su categoría de especie en peligro de extinción, lo cual limita su aprovechamiento cinegético. No obstante, por ser una especie carismática, muchas UMA incluyen a los osos negros dentro de sus planes de manejo con fines de conservación, les brindan refugio contra cazadores furtivos y les dotan de grandes extensiones de terreno para sus movimientos; además, estos mamíferos se benefician por la existencia de bebederos y comederos artificiales que se establecen durante las actividades de mejoramiento de hábitat (Delgadillo 2011).

Conclusión

A pesar de los factores adversos presentes en el estado, las poblaciones de oso negro están en posibilidad de seguir con su crecimiento y expansión en Coahuila. Con base en la experiencia, la mejor forma de convivir con esta especie es utilizar la prevención de conflictos como herramienta, donde la difusión de información sobre técnicas de manejo del ganado y de la basura juegan un papel importante (McKinney y Delgadillo 2004, Delgadillo 2011).

Es necesario crear un plan de manejo a nivel estatal, en el que se establezcan los lineamientos y protocolos de conservación de la especie y su hábitat, que contemple, además, líneas de investigación, capacitación para su manejo y criterios

para la captura y traslado de aquellos ejemplares que se consideren una amenaza para las personas, así como mapas de calidad de hábitat que contribuyan a definir sitios de liberación.

El oso negro ha demostrado ser una especie adaptable a los cambios de hábitat y a la presión antropogénica. Sin embargo, es necesario seguir con la suma de esfuerzos entre gobiernos estatal y federal, universidades, productores y organizaciones civiles, esto con la finalidad de formar una cultura de conservación y respeto hacia la especie para garantizar su sobrevivencia a largo plazo.

Referencias

Baker, R.H. 1956. Mammals of Coahuila, Mexico. *University of Kansas Museum of Natural History, Miscellaneous Publication* 9:125-335.

Cantú, C., F. González, P. Koleff *et al.* 2011. El papel de las UMA en la conservación de los tipos de vegetación de Coahuila. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 2(6):113-124.

Céspedes-Flores, S.E. y E. Moreno-Sánchez. 2010. Estimación del valor de la pérdida de recurso forestal y su relación con la reforestación en las entidades federativas. *Investigación Ambiental* 2(2):5-13.

CITES. Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. Lista de especies. En: <*https://cites.org/esp/disc/species.php*>, última consulta: 25 de junio de 2013.

Delgadillo, J.A. 2001. *Ecología nutricional del oso negro en la sierra Maderas del Carmen, Coahuila, México.* Tesis de maestría en ciencias forestales. UANL, México.

Delgadillo, J.A., B. McKinney, D. Onorato *et al.* 2007. Diet of tree black bear populations in the Chihuahuan Desert region of northern Coahuila, Mexico and western Texas. En: *18 th International Conference on Bear Research & Management.* Monterrey, México.

Delgadillo, J.A. 2011. Técnicas de conservación y manejo de oso negro en México. En: *Temas sobre la conservación de vertebrados silvestres en México.* O. Sánchez, P. Zamorano, E. Peters y H. Moya (eds.). SEMARNAT/INE, pp. 311-331.

Doan-Crider, D.L. 1995. *Population characteristics and home range dynamics of the black bear in northern Coahuila, Mexico.* Tesis de maestría. Texas A&M University, Texas.

——. 2003. *Movements and spatiotemporal variation in relation to food productivity and distribution, and population dynamics of the mexican black bear in the Serrania del Burro, Coahuila, Mexico.* Dissertation. Texas A&M University, Texas.

Gobierno del Estado. 1999. Acuerdo por el que se declara al oso negro como símbolo de la conservación de los recursos naturales de Coahuila. Publicado el 8 de junio de 1999 en el POE. Coahuila.

Guajardo-Quiroga, R.G. y A. Martínez-Muñoz 2004. Cuantificación del impacto económico de la caza deportiva en el norte de México y perspectivas de su desarrollo. *Entorno Económico* 42:1-17.

Hall, E.R. 1981. *The mammals of North America.* John Wiley and Sons, Nueva York.

Herrera-González, D.E. 1999. *Ecología de la dieta del oso negro (Ursus americanus) en el Área Natural Protegida Maderas del Carmen, en el estado de Coahuila.* Tesis de licenciatura en veterinaria y zootecnia. UANL, México.

INE y SEMARNAP. Instituto Nacional de Ecología y Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca. 1999. Proyecto de recuperación del oso negro (*Ursus americanus*). Serie PREP. INE/SEMARNAP, México.

Leopold, A.S. 1959. *Wildlife of Mexico.* University of California Press, Berkeley.

McKinney, B.R. y J.A. Delgadillo. 2004. *Manual para el manejo del oso negro mexicano. Guía para manejadores.* CEMEX, Nuevo León.

Martínez, M.A., J.A. Delgadillo, G. D. Herrera y S. J. González. 2014. Nutrición del oso negro (*Ursus americanus eremicus*) en las serranías del Carmen, Coahuila. *Ciencia UANL* 17(68):39-48.

McKinney, B.R. y J.A. Delgadillo. 2007. Population dynamics and corridors protection for american black bears in northern Coahuila, Mexico Sky Island. En: *18 th International Conference on Bear Research & Management.* Monterrey, México.

PROFEPA. Procuraduría Federal de Protección al Ambiente. 2008. Informe anual. En: <*www.profepa.gob.mx*>, última consulta: 25 de octubre de 2013.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM–059–SEMARNAT–2010. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el DOF. Texto vigente.

——. 2013*a*. Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Compendio de estadísticas ambientales. Indicadores clave y de desempeño ambiental. Edición 2012. México.

——. 2013*b*. Unidades de Manejo para el Aprovechamiento Sustentable de la Vida Silvestre 2010. En: <*http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/*>, última consulta: 17 de septiembre de 2015.

SEMARNAT y CONANP. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 2012. Programa de Acción para la Conservación de la Especie: Oso Negro Americano *(Ursus americanus)*. SEMARNAT/CONANP, México.

Pelton, M.R., A.B. Coley, T.H. Eason *et al.* 1999. American black bear plan. En: *Bear: status survey and conservation action plan*. C. Servheen, S. Herrero, y B. Peyton (eds.). IUCN/Species Survival Commission (SSC) Bear and Polar Bear Specialist Groups. Cambridge, pp. 144-156.

UICN. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. 2013. IUCN Red list of threatened plants. Version 2013.1. En: <*http://www.iucnredlist.org*>, última consulta: 25 de julio de 2013.

Villa, B.R. 1974. Major game mammals and their habitat in the Chihuahuan Desert region. En: *Symposium on the Biological Resources of the Chihuahuan Desert Region, United States and Mexico*. R.H. Wauer y D.H. Riskind (eds.). Sul Ross State University, Texas, pp. 155-161.

El berrendo (*Antilocapra americana*)

Hugo Sotelo Gallardo, Jonás Adán Delgadillo Villalobos y Alejandro Espinosa Treviño

Descripción

La familia Antilocapridae es endémica de Norteamérica y está representada por una sola especie: el berrendo (*Antilocapra americana*), el cual forma parte de la fauna nativa de Coahuila (Leopold 1959, Ceballos y Giselle 2005).

El berrendo es de color marrón en el lomo y blanco en el vientre; en la porción ventral del cuello destacan dos bandas blancas localizadas una a la altura de la garganta y otra debajo de ella (SEMARNAT y CONANP 2009). Sus extremidades son largas y delgadas. Ambos sexos poseen cuernos que mudan cada año. Estos cuernos son más grandes y están ramificados en los machos, mientras que las hembras los tienen cortos y sin ramificación (figura 1).

Habita en áreas abiertas en donde la vegetación no es muy alta, lo que no afecta su visibilidad y movilidad y le permite detectar o escapar de depredadores (O'Gara y Yoakum 2004). La dieta del berrendo consiste principalmente de herbáceas, seguida de arbustivas y, en menor cantidad, de pastos.

Distribución

Originalmente presentaba una distribución que se extendía desde el sur de Canadá, en donde ocupa las praderas del centro y oeste de los Estados Unidos de América, hasta el centro y noroeste de México y la península de California. Se estima que entre 1930 a 1990 las poblaciones de berrendo se redujeron 80% en todo el país, lo que trajo su extinción en algunas áreas de su distribución original (Valdés *et al.* 2006).

Su distribución actual en México se limita a algunas localidades del norte y noroeste: desierto sonorense, desierto El Vizcaíno, Baja California Sur y poblaciones aisladas en Chihuahua. En Coahuila la distribución se limita a dos grupos reintroducidos al Valle Colombia: al noroeste de Múzquiz, municipio de Ocampo, grupo que ha ido en decaimiento (Valdés *et al.* 2006), y a los reintroducidos en la planicie oriental del ANP Maderas del Carmen y el ANP de Ocampo, pertenecientes a la subprovincia Sierras y Llanuras Coahuilenses.

Sotelo-Gallardo, H., J.A. Delgadillo-Villalobos y A. Espinosa-Treviño. 2018. El berrendo (*Antilocapra americana*). En: *La biodiversidad en Coahuila. Estudio de Estado*, vol. II. CONABIO/Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza, México, pp. 453-456.



Figura1. Hembra juvenil de berrendo en las planicies de Maderas del Carmen. Foto: Hugo Sotelo Gallardo.

Importancia ecológica y estado de conservación

El berrendo ayuda a mantener la estructura florística de su hábitat a través del efecto mecánico de su pezuña sobre los suelos, como un aireador natural y dispersor de semillas de las plantas que conforman su dieta y en la incorporación de nitrógeno en los suelos a través de sus heces y orina (SEMARNAT y CONANP 2009).

De acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010, esta especie se encuentra en peligro de extinción. También está incluida en el Apéndice I de la CITES (2013), en el que sólo se enlistan especies en peligro de extinción y en las que se prohíbe el comercio internacional. En el marco mundial, el berrendo se encuentra en la Lista Roja de la UICN bajo el estatus de preocupación menor (2013).

Principales amenazas

Entre los principales elementos que afectaron las poblaciones nativas de berrendos en el norte de Coahuila, se puede mencionar la cacería sin control y la fragmentación del hábitat (Baker 1956, Leopold 1959, SEMARNAT y CONANP 2009). Las sequías prolongadas, la dispersión y la depredación han sido determinantes en la desaparición de grupos liberados dentro de su hábitat histórico en el país, y actualmente se considera el principal motivo del decaimiento de la población reintroducida en el Valle Colombia, al norte del estado (Valdés *et al.* 2006).

Aun cuando la competencia con el ganado doméstico no es un factor limitante para las poblaciones de berrendo, sí lo son la instalación de cercas que impiden su movimiento, ya que es una especie que realiza movilizaciones locales en

busca de agua y alimento. Asimismo, a pesar de que la cacería del berrendo está vedada en México desde 1922, existe evidencia de esta actividad a través de reportes de los pobladores (SEMARNAT y CONANP 2009).

Acciones de conservación

En 1996 y 1998 se realizaron las primeras reintroducciones de berrendo en el Valle Colombia, en Coahuila. A partir de entonces se han realizado tres intentos de reintroducción en el estado: una en el municipio de Guerrero y dos más en Acuña (SEMARNAT y CONANP 2009).

Posteriormente, a través de los esfuerzos en conjunto entre la SEMARNAT, la CONANP, la Dirección General de Vida Silvestre (DGVS), el Gobierno del Estado, CEMEX y Anima Efferus, se logró un acuerdo de colaboración con el Departamento de Caza y Pesca de Nuevo México (NMDGF, por sus siglas en inglés) para iniciar la reintroducción de 300 berrendos en Coahuila divididos en: 100 individuos para las planicies de Maderas del Carmen, 100 más para Rincón de la Madera y otros 100 para reforzar la población de Valle Colombia, sin dejar de seguir los lineamientos establecidos en el Programa de Acción para la Conservación de la Especie: Berrendo (*Antilocapra americana*; SEMARNAT y CONANP 2009).

Previo a la reintroducción en las planicies de Maderas del Carmen se inició, en el 2000, un programa de rehabilitación de hábitat por el sobrepastoreo, mediante la remoción de cercas y del ganado doméstico y tratamientos mecánicos con rodillo aireador. En Nuevo México, durante 2009 y 2010, se capturaron 45 y 55 berrendos, respectivamente, los cuales fueron liberados en las planicies de Maderas del Carmen y ahora se monitorean tres veces por semana. Los berrendos se han adaptado a su nueva área en el norte de Coahuila y actualmente se tiene una población de 150 ejemplares (figura 2).



Figura 2. Grupo de hembras con crías nacidas en las planicies de Maderas del Carmen. Foto: Hugo Sotelo Gallardo.

Conclusión

Se estima que en Coahuila existen alrededor de 350 individuos en grupos aislados. El futuro del berrendo en el estado dependerá de los programas de educación y el manejo de hábitat a largo plazo, así como del monitoreo e investigación y translocaciones en hábitats potenciales entre los grupos establecidos. Su éxito se dará en la medida que se involucre a los propietarios de predios de la región en donde habita la especie, para seguir con la suma de esfuerzos coordinados entre dependencias de gobierno, iniciativa privada, sectores académicos, ONG de conservación y público en general.

Referencias

Baker, R. 1956. Mammals of Coahuila, Mexico. *University of Kansas Museum of Natural History, Miscellaneous Publication* 9:125-335.

Ceballos, G. y O. Giselle. 2005. *Los mamíferos silvestres de México*. CONABIO, México.

CITES. Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. 2013. Apéndices I, II y III. En: <*http://www.cites.org/esp/index.shtml*>, última consulta: 20 de julio de 2013.

Leopold, A. 1959. *Fauna silvestre de México. Aves y mamíferos de caza*. Instituto Mexicano de Recursos Renovables, México.

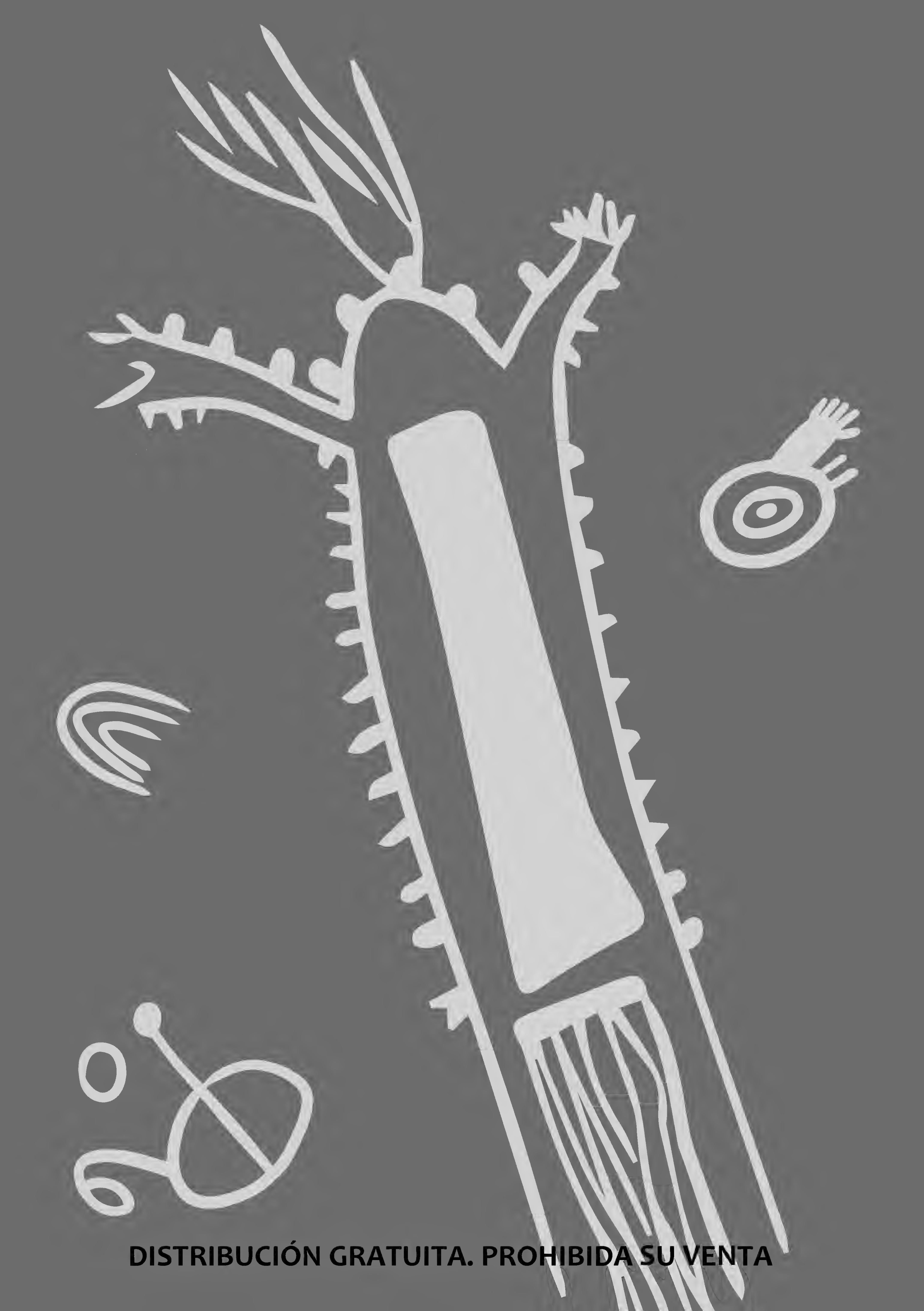
O'Gara, B. y J. Yoakum. 2004. *Pronghorn ecology and management, Wildlife Management Institute book*. University of Colorado, EUA.

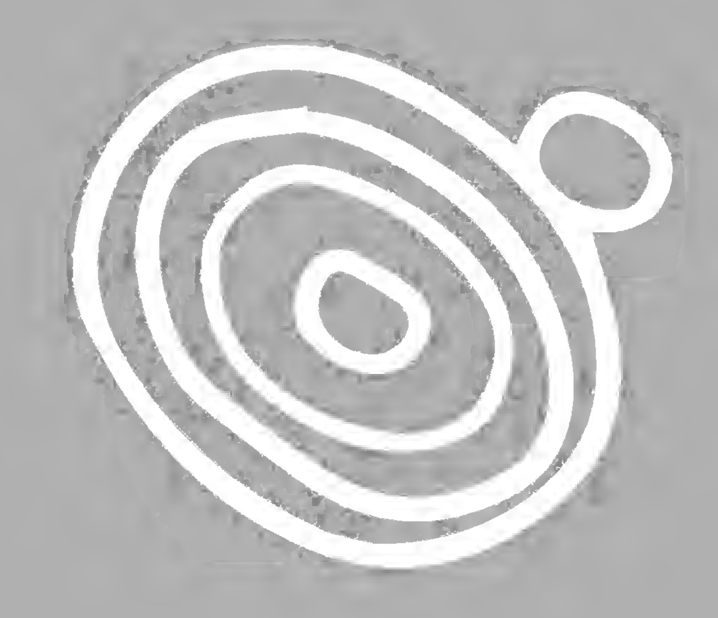
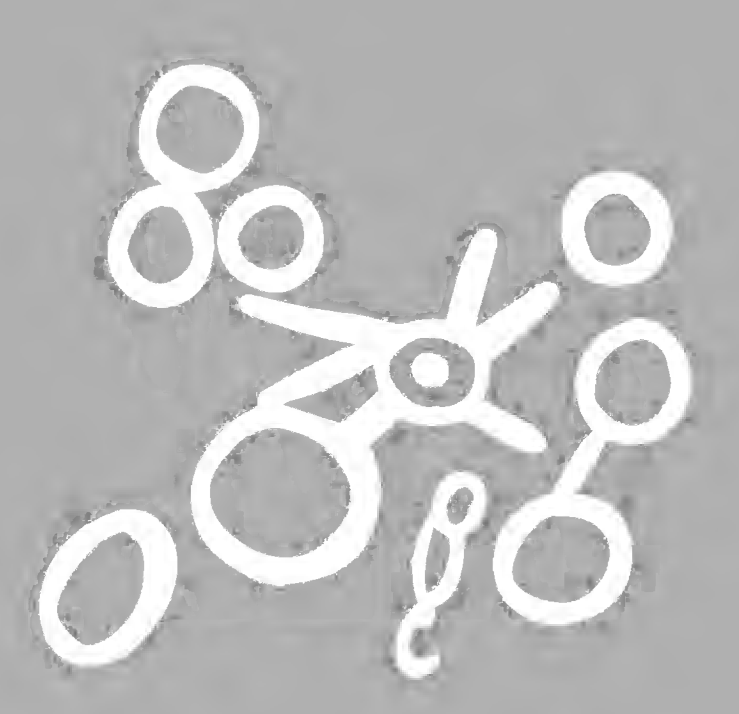
SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el DOF. Texto vigente.

SEMARNAT y CONANP. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales y Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 2009. Programa de Acción para la Conservación de la Especie: Berrendo (*Antilocapra americana*). En: <*http://www.conanp.gob.mx/pdf_especies/pace_berrendo.pdf*>, última consulta: 20 de junio de 2013.

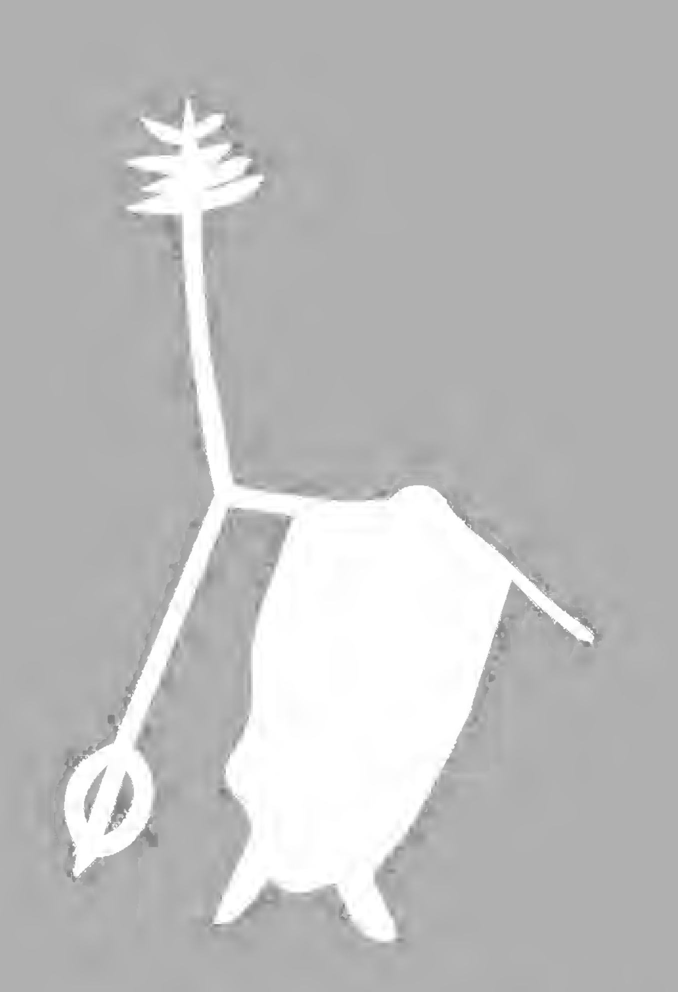
UICN. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. 2013. IUCN Red list of threatened species. En: http: <*www.iucnredlist.org*>, última consulta: 20 de julio de 2013.

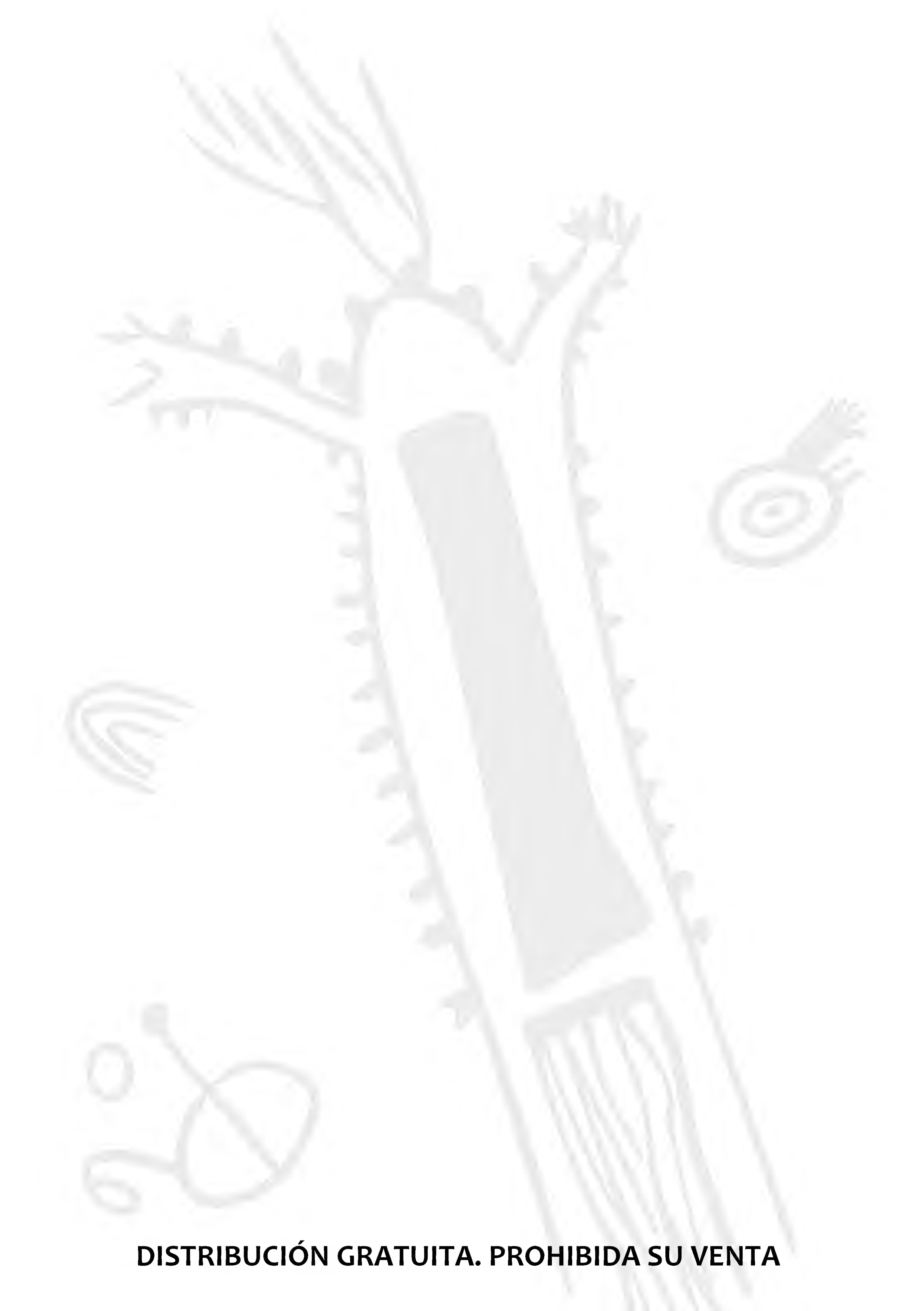
Valdés, M., E. de la Cruz, E. Peters y E. Palledares. 2006. *El berrendo en México, acciones de conservación*. Agrupación Sierra Madre/INE/SEMARNAT, México.



SECCIÓN XI.
DIVERSIDAD GENÉTICA



Resumen ejecutivo

Manuel Humberto Reyes Valdés

Introducción

La diversidad genética es la variación genética entre los individuos de una población, y es, a su vez, uno de los componentes básicos de la biodiversidad (Hughes *et al.* 2008). En términos generales, la variación genética se basa en el llamado polimorfismo, o presencia de varios alelos para determinadas regiones del genoma, en el entendido que los alelos son formas alternativas de los genes o, en el lenguaje más general derivado de las nuevas tecnologías, variaciones en secuencia de sitios específicos de la cadena del ADN (Mondini *et al.* 2009).

La diversidad está estrechamente relacionada con la información, por lo que no es casualidad que la llamada entropía de Shannon (Shannon 1948) se utilice como una medida de diversidad tanto en genética como en ecología (Reyes-Valdés 2013). La diversidad refleja la cantidad de información genética presente en las poblaciones, la cual les permite enfrentar las condiciones ambientales cambiantes y mantenerse como sistemas en equilibrio dinámico (Frankham 2003).

La diversidad genética es la base del proceso evolutivo en los seres vivos. Sobre ella actúa la selección natural y es un componente clave de su efectividad (Fisher 1958). Asimismo la diversidad otorga la plasticidad o capacidad de ajuste a las poblaciones, con la que responden adaptativamente a los continuos retos de los ambientes bióticos y abióticos (Reyes-Valdés 2011).

La pérdida de diversidad genética en una población puede traer consigo su desaparición, por ejemplo, a causa del ataque de una plaga para la cual no existe la disponibilidad de combinaciones genéticas que le otorguen mecanismos de resistencia (Rao y Hodkin 2002, Reyes-Valdés 2011). Por lo tanto, para que una población sea saludable y pueda mantenerse en cierto hábitat, requiere mantener una diversidad genética y tamaño efectivo, el cual depende tanto del número de individuos como del sistema de reproducción.

Un tamaño pequeño de la población la puede conducir a pérdida de alelos por el fenómeno llamado deriva genética (cambio aleatorio en la frecuencia de alelos), que opera mayormente en poblaciones pequeñas (Reyes-Valdés 2011). Este empobrecimiento genético puede conducir gradualmente a una población a su extinción.

Reyes-Valdés, M.H. 2018. Resumen ejecutivo. Diversidad genética. En: *La biodiversidad en Coahuila. Estudio de Estado*, vol. II. CONABIO/Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza, México, pp. 461-465.

Mecanismos que originan la diversidad genética

El origen de la diversidad genética reside en la mutación y la recombinación. La primera implica cambios en la secuencia de ADN, de naturaleza más o menos aleatoria. La tasa de cambio o mutación varía entre diferentes regiones del genoma de una especie y también entre especies. Como parte del proceso de mutación existen los llamados elementos transponibles, que son secuencias de ADN que pueden cambiar de lugar en el genoma, y son capaces de generar diversidad. Una especie donde este fenómeno es altamente dinámico es el maíz (*Zea mays*), en la cual estos segmentos saltarines inducen cambios genéticos (Bennetzen y Hake 2009).

Por lo que respecta a la recombinación, se trata de un fenómeno que opera sobre cambios ya existentes en el genoma, a través de los cuales forma nuevas combinaciones. Este fenómeno tiene lugar en la división meiótica de los organismos que tienen un núcleo definido en sus células, y es la base de la reproducción sexual, ya que a través de ella se producen los gametos femeninos y masculinos.

La reproducción sexual favorece la recombinación y, a su vez, induce la diversidad. Por ello, una de las hipótesis más favorecidas para explicar la existencia de la reproducción sexual es la de la Reina Roja (Van Valen 1973), que describe este fenómeno reproductivo como una estrategia de movimiento continuo de la estructura del genoma de las especies, una dinámica de la cual depende su adecuada respuesta al ataque continuo de organismos patógenos (Reyes-Valdés 2011).

Causas de la pérdida de diversidad genética

Las mayores causas de extinción de especies son: la pérdida de hábitat, la introducción de especies exóticas, la sobreexplotación, la contaminación y el cambio climático (Tilman *et al.* 1994, Lande 1998, Gurevitch y Padilla 2004, Thuiller *et al.* 2005). Estos factores son capaces de mermar la diversidad genética, ya que al reducir el tamaño de las poblaciones tiene lugar el fenómeno de la deriva genética, o cambios aleatorios en las frecuencias alélicas, que a su vez son causales de la desaparición de alelos.

Uno de los fenómenos asociados a las causas de extinción ya mencionadas son los llamados cuellos de botella genéticos, que reducen drásticamente la diversidad y pueden tener fuertes efectos en la capacidad adaptativa de las poblaciones, como en el caso de la depresión endogámica. A su vez, la introducción de especies exóticas implica el riesgo del desplazamiento de las especies nativas, o la hibridación con las mismas. La consecuencia global de los factores ya mencionados es la pérdida de diversidad genética, que pone en peligro a las poblaciones por la reducción de su capacidad de adaptación (Frankham 2003).

Técnicas moleculares

Las tecnologías moleculares actuales constituyen herramientas muy útiles para el estudio y conservación de la biodiversidad. En especial, cabe resaltar los marcadores genéticos moleculares, específicamente los llamados marcadores de ADN, que son un complejo de técnicas (cuadro 1) y aparatos asociados que tienen la función de detectar variaciones en regiones del genoma, para así poder estudiar el llamado polimorfismo genético y hacer inferencias acerca de los genomas y las poblaciones.

Cabe aclarar que los marcadores moleculares no substituyen del todo a los morfológicos. Por ejemplo, en la clasificación de razas de maíz, las características de la mazorca, como forma y color del grano, aún son de gran importancia en los estudios de diversidad (Kato-Yamakake *et al.* 2009).

Cuadro 1. Principales técnicas moleculares utilizadas en estudios de diversidad genética y algunos de los marcadores genéticos en que se aplican.

Técnica	Descripción	Marcador molecular
Restricción de ADN	Corte de la molécula con endonucleasas de restricción	RFLP, AFLP, DArT
Electroforesis	Técnica para separar fragmentos de la molécula por su tamaño en un campo eléctrico	RFLP, RAPD, AFLP, SSR, ISSR, SNP, DArT
Reacción de polimerasa en cadena (PCR)	Aislamiento y clonación in vitro de moléculas de ADN	RAPD, AFLP, SSR, ISSR, SNP, DArT
Secuenciación	Deducción de la secuencia de bases en moléculas de ADN y en proteínas	SNP, DArT

Fuente: Reece 2004, Semagn *et al.* 2006.

Diversidad genética en Coahuila

A pesar de que en su mayor parte la entidad está enclavada en el Desierto Chihuahuense, Coahuila es rico en diversidad genética. Esta zona árida fue uno de los territorios que más tardaron en ser conquistados durante la colonización europea y, si se compara con la zona del Bajío Mexicano, tiene una historia muy corta de impacto agrícola. Además se debe considerar que el término desierto tiene una acepción más amplia en el imaginario colectivo (Ortelli 2011), y se refiere a lo indómito, a lo inexplorado, a lo que se resiste a los cambios impuestos por la civilización convencional.

El hecho de que Coahuila ha estado, comparativamente, menos expuesto al impacto agrícola que otras regiones del país, hace que conserve mucha de su diversidad original. Tiene una variedad de microclimas terrestres y acuáticos en los que han florecido especies únicas de plantas, animales y microorganismos (Santoscoy 2000). Sin embargo, la diversidad genética de dichas especies está amenazada por fenómenos como la pérdida de hábitat, la sobreexplotación, la cacería indiscriminada y el tráfico ilegal.

La riqueza biológica de la entidad, tanto en el número de especies como en la diversidad genética dentro de las mismas, debería mantenerse en un estado armónico con el desarrollo humano. Dos de los factores de presión hacia la diversidad genética identificados fueron: las prácticas agrícolas y la sobreexplotación del agua; este último ha afectado directamente a los organismos que habitan las pozas, que en su mayoría son endémicos de la entidad. El conocimiento y manejo de la diversidad genética es parte integral de esta visión sustentable de la riqueza biológica del entorno del ser humano. Desafortunadamente existen muy pocos estudios para Coahuila, y en el esfuerzo por dar a conocer lo que se sabe de este tópico, en esta sección se presentan los trabajos realizados por investigadores que exponen, a través de su experiencia en la entidad, conceptos y hallazgos acerca de algunos grupos de plantas, animales y microorganismos (cuadro 2).

Cuadro 2. Resumen de los estudios de caso sobre diversidad genética presentados en esta obra.

Técnicas	Tipo de información	Contribución	Especie	Conclusiones
Secuenciación de ADN mitocondrial, microsatélites	Análisis filogenético, estado de la diversidad	Genética de la conservación del gorrión altiplanero, *Spizella wortheni*, especie en peligro de extinción	Gorrión altiplanero (*S. wortheni*)	Alta diversidad y necesidad de mantener el tamaño poblacional
Microsatélites, aloenzimas	Hibridación y patrones de diversidad	Lobina negra de Cuatro Ciénegas	Lobina negra (*Micropterus salmoides*)	Evidencia de dos formas distintas de la especie, hibridación con *M. floridianus*, la lobina de Cuatro Ciénegas es heterogénea, se deberán excluir actividades que permitan el flujo genético entre grupos
Evaluación de caracteres morfológicos cuantitativos y cualitativos	Descripción de poblaciones e identificación de razas	Diversidad de los maíces nativos	Maíz (*Zea mays*)	Se identificaron nueve complejos raciales, se recomienda introducir esquemas de selección y conservación participativa de la variación en maíz
Marcadores AFLP	Estudio comparativo de marcadores moleculares entre plantas femeninas y masculinas	Diversidad genética en sotol (*Dasylirion* spp.)	Sotol (*Dasylirion cedrosanum*)	No hay diferencias en marcadores moleculares AFLP entre plantas femeninas y masculinas
Metagenómica	Diversidad de grupos taxonómicos en las pozas	Genómica ambiental y metagenómica para describir la diversidad microbiana en Cuatro Ciénegas	Diversos microorganismos	Se identificaron 991 genes ribosomales distintos, la pérdida de agua es una amenaza para la diversidad microbiana

Referencias

Bennetzen, J.L. y S. Hake. 2009. *Handbook of maize*. Springer.

Fisher, R.A. 1958. *The genetical theory of natural selection*. Oxford University Press. Reino Unido.

Frankham, R. 2003. Genetics and conservation biology. *Comptes Rendus Biologies* 326:22-29.

Gurevitch, J. y D.K. Padilla. 2004. Are invasive species a major cause of extinctions? *Trends in Ecology & Evolution* 19:470-474.

Hughes, A.R., B.D. Inouye, M.T. Johnson *et al.* 2008. Ecological consequences of genetic diversity. *Ecology Letters* 11:609-623.

Kato-Yamakake, T., C. Mapes-Sánchez, L. Mera-Ovando *et al.* 2009. *Origen y diversificación del maíz: una revisión analítica*. Universidad Nacional Autónoma de México (unam), Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (conabio), México.

Lande, R. 1998. Anthropogenic, ecological and genetic factors in extinction and conservation. *Researches on Population Ecology* 40:259-269.

Mondini, L., A. Noorani y M.A. Pagnotta. 2009. Assessing plant genetic diversity by molecular tools. *Diversity* 1:19-35.

Ortelli, S. 2011. Del despoblamiento a la aridez. El septentrión novohispano y la idea de desierto en la época colonial. En: *Los desiertos en la historia de América. Una mirada multidisciplinaria*. D. Trejo Barajas (coord.). Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (umsnh) y Universidad Autónoma de Coahuila (uadec), pp. 17-44.

Rao, V.R. y T. Hodgkin. 2002. Genetic diversity and conservation and utilization of plant genetic resources. *Plant, Cell, Tissue and Organ Culture* 68:1-1.

Reece, R.J. 2004. *Analysis of genes and genomes*. John Wiley & Sons Inc., Nueva York.

Reyes-Valdés, M.H. 2011. Population genetics of plant pathogens. En: *Phytopathology in the omics era*. R. Rodríguez-Herrera, C.N. Aguilar, J.K. Simpson-Williamson y G. Gutiérrez-Sánchez (eds.). Research Signpost, pp. 1-10.

——. 2013. Informativeness of microsatellite markers. En: *Microsatellites. Methods in Molecular Biology*, Vol.1006. S. Kantarzi (ed.). Springer, pp. 259-270.

Santoscoy, M.E. 2000. Los puntos de agua organizan el espacio. En: *Breve historia de Coahuila*. A. Hernández Chávez y M. Miño Grijalva (coords.). Fondo de Cultura Económica, pp. 16-90.

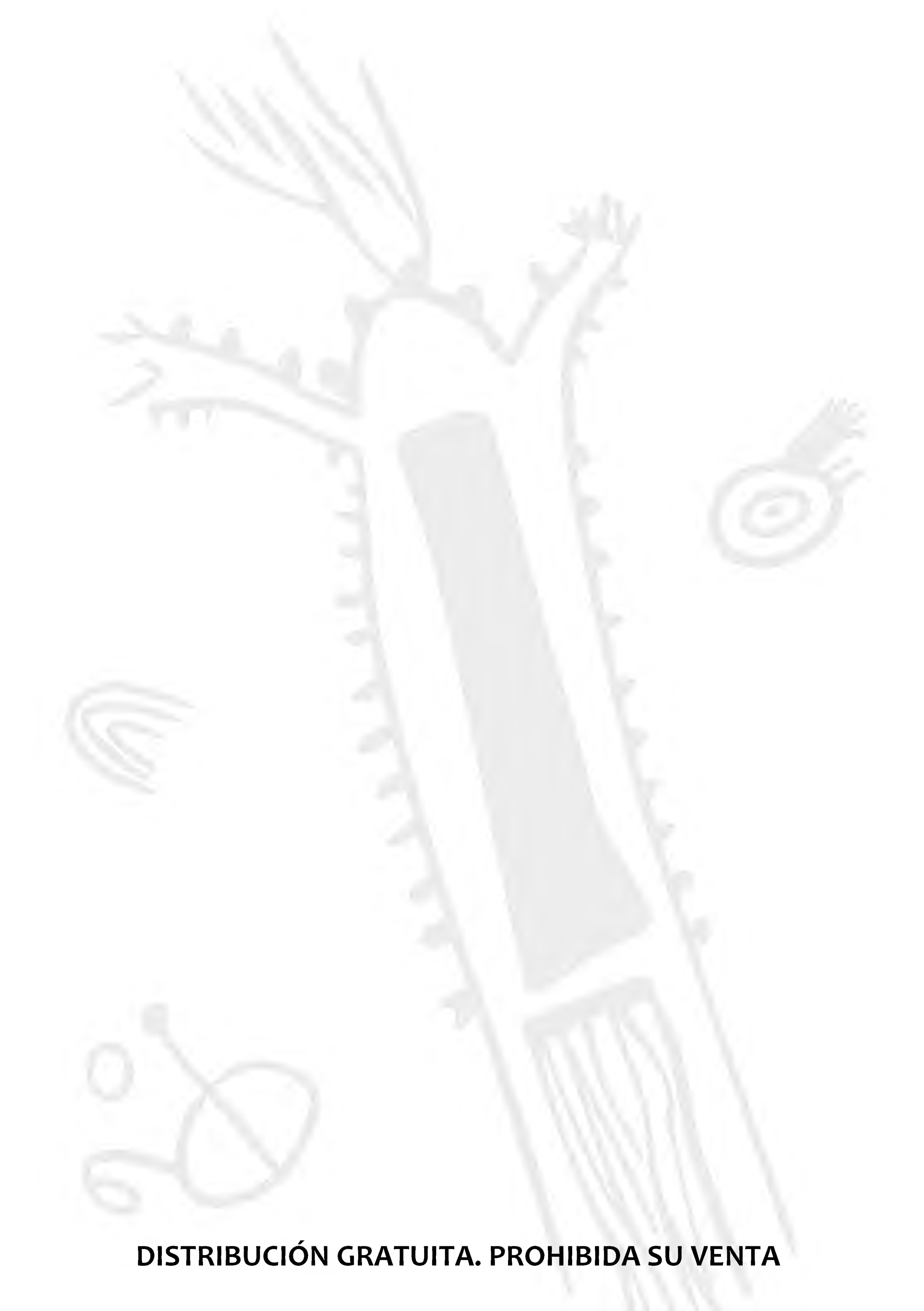
Semagn, K., A. Bjørnstad y M. Ndjiondjop. 2006. An overview of molecular marker methods for plants. *African Journal of Biotechnology* 5:2540-2568.

Shannon, C.E. 1948. A mathematical theory of communication. *Bell System Technical Journal* 27:379-423 y 623-656.

Thuiller, W., S. Lavorel, M.B. Araujo *et al.* 2005. Climate change threats to plant diversity in Europe. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 102:8245-8250.

Tilman, D., R.M. May, C.L. Lehman y M.A. Nowak. 1994. Habitat destruction and the extinction debt. *Letters to Nature* 371:65-66.

Van Valen, L. 1973. A new evolutionary law. *Evolutionary Theory* 1:1-30.



Diversidad genética microbiana en Cuatro Ciénegas

Valeria Souza Saldívar, Gabriela Olmedo Álvarez y
Luis Enrique Eguiarte Fruns

La diversidad microbiana no ha sido abordada extensamente en ningún lugar de México, pero Cuatro Ciénegas, en Coahuila, destaca por ser el sitio mejor estudiado, al utilizar tanto metodología microbiológica tradicional como genómica y metagenómica, es decir, con acercamientos a la secuenciación del ADN de los microorganismos. ¿Por qué son importantes los microorganismos y cómo se contabilizan? ¿Cómo se alcanza tan alta diversidad? ¿Qué hace al valle de Cuatro Ciénegas especial?

Los microorganismos como actores principales en la biogeoquímica del planeta Tierra

La Tierra está dominada por microorganismos, que son centrales para los procesos biogeoquímicos. Son abundantes en todos los ambientes del planeta, y se calcula que existen alrededor de 4-6 x 10^{30} células bacterianas en el mundo (Whitman *et al.* 1998). La mayoría de las bacterias se encuentran en los océanos, en suelos y en superficies terrestres, pero también están presentes en los lugares más recónditos, como cuevas, fondos abismales, en la superficie e incluso en el interior de otros organismos.

Al considerar todo el planeta, las bacterias contienen 350-550 x 10^{15} g de carbono, es decir, 60 a 100% del total que poseen las plantas, 85-130 x 10^{15} g de nitrógeno y 9-14 x 10^{15} g de fósforo, cantidad que es 10 veces más que lo que hay en las plantas (Oren 2004). Las bacterias tienen un papel crítico en la regulación de todos los ciclos biogeoquímicos y representan una gran riqueza de procesos metabólicos (Kinzig *et al.* 2001, Daniel 2005, Vogel *et al.* 2009), por lo que una de las principales tareas de la ecología microbiana ha sido tratar de hacer inventarios y estimaciones del número de especies bacterianas en diferentes ambientes, así como describir su función en el ecosistema.

El intercambio genético, la migración y los nutrientes como claves para entender la diversidad microbiana

Se conoce que en el mundo la diversidad de microorganismos, en términos del número de especies y linajes, es muy alta. A escala local se ha

Souza, V., G. Olmedo Álvarez y L.E. Eguiarte. 2018. Diversidad genética microbiana en Cuatro Ciénegas. En: *La biodiversidad en Coahuila. Estudio de Estado*, vol. II. CONABIO/Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza, México, pp. 467-472.

estimado que la diversidad de bacterias en los océanos es de 160 especies por mililitro, y en los suelos es aún más alta, pues se llega a un rango de 3 800 a 6 400 especies por gramo (Curtis *et al.* 2002).

Para comprender la enorme diversidad de grupos bacterianos presentes en el planeta, es necesario considerar los mecanismos que permiten generar dicha diversidad.

Con respecto a los mecanismos genéticos, se cree que el movimiento de genes entre diferentes linajes bacterianos, ya sea por transformación (proceso mediante el cual las bacterias pueden tomar ADN del ambiente e incorporarlo a su genoma), por conjugación (proceso de intercambio de ADN a través de un tubo especializado) o por transducción (adquisición de ADN mediante infección por fagos) ocurre con alta frecuencia (Vos y Didelot 2009), por lo que contribuye de manera importante en la diversidad, distribución y adaptación de los microorganismos a diferentes ambientes.

Otros factores que influyen en el proceso de formación de nuevas especies (especiación) son las barreras geográficas (Whitaker 2006) y los procesos ecológicos.

Existe una enorme diversidad de ambientes en los que la proporción de nutrientes varía drásticamente, y este gradiente de disponibilidad de nutrientes es determinante para explicar la diversidad ecológica como resultado de procesos de adaptación local (Cleveland y Liptzin 2007, Peimbert *et al.* 2012, Souza *et al.* 2012).

En síntesis, tres factores centrales explican la especiación bacteriana: intercambio genético o sexo bacteriano, aislamiento geográfico y adaptación local (Souza *et al.* 2012). Sin embargo, se sabe que es mayor el intercambio dentro de las especies que entre especies, razón por la cual se mantienen los linajes como especies diferentes, es decir, como entidades evolutivas discretas. En términos sencillos, si los genes de todas las especies de bacterias se mezclaran sin barreras, se borrarían las huellas de las especies y todas parecerían emparentadas.

Cuatro Ciénegas: una ventana al pasado microbiano

En general en México, y en particular en Coahuila, hay pocos estudios de la diversidad bacteriana (Piñero *et al.* 2008). En contraste, Cuatro Ciénegas es uno de los lugares microbiológicamente mejor estudiados del país y de todo el mundo (Souza *et al.* 2012).

Cuatro Ciénegas es un valle rodeado de grandes sierras, enclavado en el desierto de Coahuila y es, tal vez, el lugar con más espécies endémicas por kilómetro cuadrado del continente (Souza *et al.* 2008). The Nature Conservancy (TNC), World Wildlife Fund (WWF), la Comisión Nacional de Áreas Protegidas (CONANP) y la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) lo consideran un lugar prioritario para la conservación, además de ser un sitio Ramsar (humedales de importancia internacional).

La diversidad en Cuatro Ciénegas es inesperada en un ecosistema desértico con condiciones extremas, no sólo porque hay poca precipitación y presenta fluctuaciones drásticas de temperatura, sino también porque las concentraciones de fósforo disponible son muy bajas (Elser *et al.* 2005), pero son muy altas las de sulfatos y carbonatos. La baja concentración de fósforo también restringe el desarrollo de las algas en los sistemas acuáticos, lo que permite que las bacterias sean la base de la red alimenticia (Souza *et al.* 2008).

Los hallazgos evolutivos y ecológicos en el valle de Cuatro Ciénegas han permitido proponer un modelo de diversificación microbiana en un ambiente muy pobre en nutrientes (oligotrófico), en donde el fósforo es el nutriente

limitante (Elser *et al.* 2005, Souza *et al.* 2006). Según Souza y colaboradores (2012) la escasez de fósforo no permite que sucedan migraciones e intercambio genético entre localidades, lo cual promueve el aislamiento genético y, como consecuencia, favorece la adaptación local y la diversidad bacteriana tanto a nivel local como en toda la región.

Este valle posee una enorme cantidad de ambientes acuáticos que, debido a su compleja historia geológica, difieren en sus condiciones físico-químicas, recursos y biodiversidad, situación que favorece mantener gran diversidad de microorganismos endémicos.

Para entender las características únicas de este sitio es importante considerar su historia geológica. Se cree que hace unos 200 millones de años, al deslizarse la placa formada por el hemisferio norte y como consecuencia del rompimiento de la Pangea –único continente que existía en la Tierra (Wilson y Pitts 2010)– el mar penetró la región. Este fenómeno originó la formación de las montañas Rocallosas hace 80 a 70 millones de años, y dio lugar al aislamiento de Cuatro Ciénegas respecto del Pacífico, al levantar la Sierra Madre Occidental.

Posteriormente, hace 55 a 35 millones de años, la formación del golfo de México provocó el levantamiento de la Sierra Madre Oriental y el Altiplano Central, lo que culminó con la formación de las altas sierras que rodean al valle de Cuatro Ciénegas (Lehmann *et al.* 1999).

Los datos biológicos no sólo apoyan la historia geológica, sino que indican que el valle nunca fue cubierto por sedimentos más recientes, lo que mantuvo vivas a las comunidades de los tapetes microbianos, que han sostenido y sostienen la red alimenticia en este sitio.

Los datos moleculares indican que en Cuatro Ciénegas los linajes bacterianos originalmente marinos persistieron a pesar del levantamiento de la Sierra Madre Oriental (Elser *et al.* 2005, Souza *et al.* 2006, Alcaraz *et al.* 2008, Desnues *et al.* 2008, Minckley y Jackson 2008, Souza *et al.* 2008, Szynkiewicz *et al.* 2009, Alcaraz *et al.* 2010, Bonilla-Rosso *et al.* 2012, Peimbert *et al.* 2012).

El hecho de que el valle aparentemente nunca fuera “cubierto” por sedimentos más recientes ha tenido consecuencias evolutivas y ecológicas interesantes, que lo hacen tal vez único en el planeta. No sólo sobrevivieron los linajes ancestrales del tapete microbiano, sino que no se acumuló nueva materia orgánica sobre el sedimento marino rico en yeso (sulfato de calcio y sulfato de magnesio) y originario del Jurásico (hace 201 a 145 millones de años), lo que, junto con los carbonatos abundantes en la zona, provoca la “captura” del fósforo, lo cual hace difícil el acceso para los organismos.

Lo anterior tiene efectos importantes ya que, como se mencionó, en el valle de Cuatro Ciénegas existe muy poco fósforo disponible y esta limitación ambiental puede tener un papel central en la generación de los procesos de diversificación microbiana (Souza *et al.* 2008).

Estudio de la diversidad bacteriana en las pozas de Cuatro Ciénegas

El método clásico para estudiar a las bacterias, desde hace más de un siglo, ha sido el uso de medios de cultivo (figura 1b). Al utilizar este método se han aislado grupos de bacterias como *Bacillus, Pseudomonas, Exiguobacterium* o cianobacterias de distintos sistemas acuáticos en el valle (figura 1a). Muchas de las cepas estudiadas tienen una gran diversidad fenotípica y características endémicas, lo cual significa que no se parecen genéticamente a otras cepas reportadas hasta ahora en el resto del mundo (Cerritos 2008, Cerritos *et al.* 2008, Domínguez 2008, Escalante 2008, Escalante *et al.* 2008, Rodríguez-Verdugo 2008, Escalante *et al.* 2009, Cerritos *et al.* 2011, Rebollar *et al.* 2012).

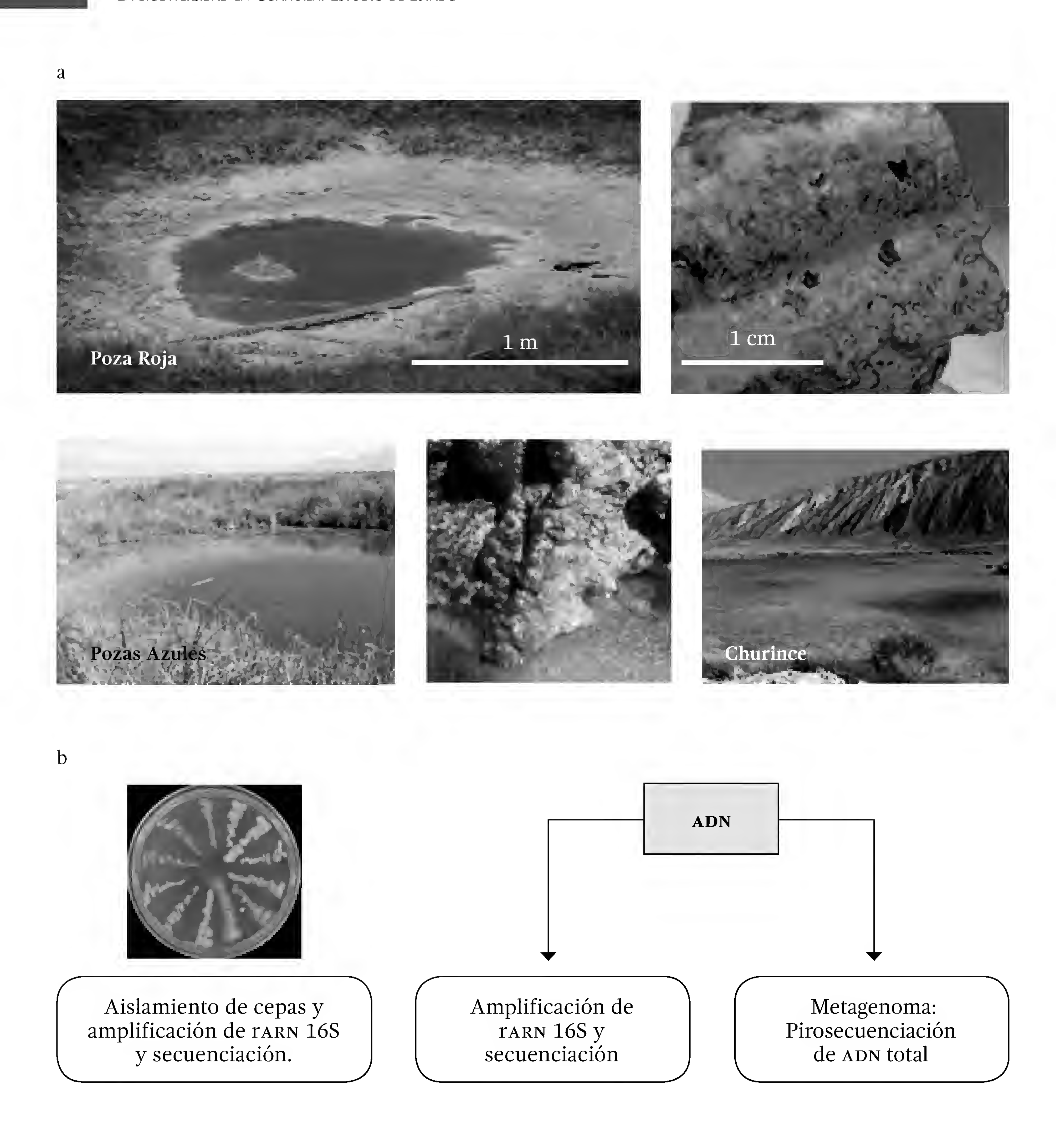


Figura 1. Diversidad en pozas y tapetes microbianos y estrategias de análisis de la diversidad genética microbiana. a) Poza Roja y Pozas Azules, donde es abundante el "tapete microbiano", que se distingue por las capas coloridas conformadas por distintos tipos de microorganismos. En la laguna intermedia del Sistema Churince se ha muestreado extensamente tanto agua como sedimento; b) estrategias empleadas para el análisis de la diversidad microbiana a través de métodos de cultivo y metagenómicos.

En el caso de bacterias cultivadas, la secuenciación de su ADN total (genoma) permite entender su función en los ecosistemas. Por ejemplo, la secuenciación de *Bacillus coahuilensis* (Alcaraz *et al.* 2008) reveló la presencia de genes involucrados en procesos metabólicos que utilizan sulfato en lugar de fosfatos, posiblemente como respuesta a los bajos niveles de fósforo del valle de Cuatro Ciénegas.

Aunque se estima que en términos generales 99% de las bacterias no crece en cultivo, el desarrollo de metodologías moleculares para aislamiento de ADN del ambiente y su secuenciación directa –técnica conocida como metagenómica, que consiste en determinar la secuencia de las cadenas de ADN obtenidas directamente del ambiente, sin haber cultivado primero al microorganismo– ha permitido descubrir bacterias que no había sido posible cultivar (véase Genómica ambiental y metagenómica para describir la diversidad microbiana en Cuatro Ciénegas, en esta misma obra).

Al usar técnicas moleculares se han caracterizado comunidades de bacterias en el agua (Souza *et al.* 2006, Escalante *et al.* 2008) y en el suelo del valle de Cuatro Ciénegas (López-Lozano *et al.* 2012). En todas las comunidades estudiadas se registró alta diversidad beta, es decir, que cada sitio muestreado tiene una composición particular de especies, probablemente debido a la alta heterogeneidad que existe en este valle.

Conclusión

El valle de Cuatro Ciénegas sorprende por la enorme diversidad microbiana que encierra en sus tapetes microbianos, sedimentos, agua y suelo.

La metodología metagenómica no deja lugar a dudas de que, entre los sitios explorados en el planeta, es uno de los que tiene mayor diversidad. Es indispensable y prioritario para México conservar el laboratorio natural y archivo de la historia del planeta que representan las pozas de Cuatro Ciénegas, tanto por su potencial biotecnológico como por su relevancia científica e histórica.

En la medida en que se logre describir la biodiversidad de este sitio y de muchos otros de interés en el estado, los habitantes serán sensibles a las repercusiones que tienen las actividades humanas ejecutadas sin consideración a la sustentabilidad ambiental.

Por lo anterior, se invita a los lectores a revisar directamente las fuentes primarias –referencias– y las páginas web y blogs de los autores, y apoyar la larga cruzada que ha sido la conservación de este valle.

Referencias

Alcaraz, L.D., G. Olmedo, G. Bonilla *et al.* 2008. The genome of *Bacillus coahuilensis* reveals adaptations essential for survival in the relic of an ancient marine environment. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 105:5803-5808.

Alcaraz, L.D., G. Moreno-Hagelsieb, L.E. Eguiarte *et al.* 2010. Understanding the evolutionary relationships and major traits of Bacillus through comparative genomics. BMC *Genomics* 11:332-348.

Bonilla-Rosso, G., M. Peimbert, L.D. Alcaraz *et al.* 2012. Comparative metagenomics of two microbial mats at Cuatro Cienegas basin II: community structure and composition in oligotrophic environments. *Astrobiology* 12:659-673.

Cerritos, R. 2008. *Análisis del concepto biológico, cohesivo, ecológico y filogenético de especie en bacterias halófilas del valle de Cuatro Ciénegas, Coahuila.* Tesis de doctorado. Instituto de Ecología-UNAM, México.

Cerritos, R., P. Vinusa, L.E. Eguiarte *et al.* 2008. *Bacillus coahuilensis* sp. nov., a moderately halophilic species from a desiccation lagoon in the Cuatro Cienegas valley in Coahuila, Mexico. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 58:919-923.

Cerritos, R., L.E. Eguiarte, M. Avitia *et al.* 2011. Diversity of culturable thermo-resistant aquatic bacteria along an environmental gradient in Cuatro Cienegas, Coahuila, Mexico. *Antonie van Leeuwenhoek Journal* 99:303-318.

Cleveland, C.C. y D. Liptzin. 2007. C:N:P stoichiometry in soil: is there a "Redfield ratio" for the microbial biomass? *Biogeochemistry* 85:235-252.

Curtis, T.P., W.T. Sloan y J.W. Scannell. 2002. Estimating prokaryotic diversity and its limits. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 99:10494-10499.

Daniel, R. 2005. The metagenomics of soil. *Nature Reviews Microbiology* 3:470-478.

Desnues, C., B. Rodríguez-Brito, S. Rayhawk *et al.* 2008. Biodiversity and biogeography of phages in modern stromatolites and thrombolites. *Nature* 452(7185):340-343.

Domínguez, E.J. 2008. *Estudios evolutivos y morfológicos de cianobacterias relacionadas a Calothrix*. Tesis de licenciatura. Instituto de Ecología-UNAM, México.

Elser, J.J., J.H. Schambel, M. Kyle *et al.* 2005. Response of grazing snails to phosphorus enrichment of modern stromatolitic microbial communities. *Freshwater Biology* 50:1808-1825.

Escalante, A.E. 2008. *Ecología evolutiva de procariontes en Cuatro Ciénegas, Coahuila, México*. Tesis de doctorado. Instituto de Ecología-UNAM, México.

Escalante, A.E., L.E. Eguiarte, L. Espinosa-Asuar *et al.* 2008. Diversity of aquatic prokaryotic communities in the Cuatro Cienegas basin. *FEMS Microbiology Ecology* 65:50-60.

Escalante, A.E., J. Caballero-Mellado, L. Martínez-Aguilar *et al.* 2009. *Pseudomonas cuatrocienegasensis* sp. nov., isolated from an evaporating lagoon in the Cuatro Cienegas valley in Coahuila, Mexico. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 59:1416-1420.

Kinzig, A.P., S.W. Pacala y D. Tilman. 2001. The functional consequences of biodiversity: empirical progress and theoretical extensions. En: *Linking Soil Microbial Communities and Ecosystem Functioning*. A.P. Kinzing, S.W. Pacala y D. Tilman (eds.). Princeton University Press, Princeton, pp. 265-296.

Lehmann, Ch., D. Osleger A., I.P. Montañez *et al.* 1999. Evolution of Cupido and Coahuila carbonate platforms, early Cretaceous, northeastern Mexico. *Geological Society of America Bulletin* 111(7):1010-1029.

López-Lozano, N.E., L.E. Eguiarte, G. Bonilla-Rosso *et al.* 2012. Bacterial communities and the nitrogen cycle in the gypsum soils of Cuatro Cienegas basin, Coahuila: a Mars analogue. *Astrobiology* 12:699-709.

Minckley, T.A. y S.T. Jackson. 2008. Ecological stability in a changing world? Reassessment of the paleoenvironmental history of Cuatro Cienegas, Mexico. *Journal of Biogeography* 35:188-190.

Oren, A. 2004. Prokaryote diversity and taxonomy: current status and future challenges. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 359:623-638.

Peimbert, M., L.D. Alcaraz, G. Bonilla-Rosso *et al.* 2012. Comparative metagenomics of two microbial mats at Cuatro Cienegas basin II: ancient lessons on how to cope with environment under severe nutrient stress. *Astrobiology* 12:648-658.

Piñero, D., J. Caballero-Mellado, D. Cabrera-Toledo *et al.* 2008. La diversidad genética como instrumento para la conservación y el aprovechamiento de la biodiversidad: estudios en especies mexicanas. En: *Capital natural de México: conocimiento actual de la biodiversidad*, vol. I. CONABIO, pp. 437-494.

Rebollar, E.A., M. Avitia, L.E. Eguiarte. 2012. Water-sediment niche differentiation in ancient marine lineages of Exiguobacterium endemic to the Cuatro Cienegas basin. *Envoronmental Microbiology* 14:2323-2333.

Rodríguez-Verdugo, A. 2008. *Variación estacional en la diversidad de Pseudomonas asociadas a un sistema acuático fluctuante*. Tesis de licenciatura. Instituto de Ecología-UNAM, México.

Souza, V., L. Espinosa-Asuar, A.E. Escalante *et al.* 2006. An endangered oasis of aquatic microbial biodiversity in the Chihuahuan Desert. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 103:6565-6570.

Souza V., L.E. Eguiarte, J. Siefert y J.J. Elser. 2008. Microbial endemism: does phosphorous limitations enhance speciation. *Nature Reviews Microbiology* 6:559-564.

Souza, V., M. Travisano, J.J. Elser *et al.* 2012. Travel, sex and food: what's speciation got to do with it?. *Astrobiology* 12:634-640.

Szynkiewicz, A., C. Ryan, C. Ewing *et al.* 2009. Origin of terrestrial gypsum dunes. Implications for martian gypsum-rich dunes of Olympia Undae. *Geomorphology* 121:69-83.

Vogel, T.M., P. Simonet, J.K. Jansson *et al.* 2009. TerraGenome: a consortium for the sequencing of a soil metagenome. *Nature Reviews Microbiology* 7:252-252.

Vos, M. y X. Didelot. 2009. A comparison of homologus recombination rates in bacteria and archaea. *The ISME Journal* 3:199-208.

Whitaker, R.J. 2006. Allopatric origins of microbial species. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 361:1975-1984.

Whitman, W.B., D.C. Coleman y W.J. Wiebe. 1998. Perspective prokaryotes: the unseen majority. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 95:6578-6583.

Wilson, J.S. y J.P. Pitts. 2010. Illuminating the lack of consensus among descriptions of earth history data in the north american deserts: a resource for biologists. *Progress in Physical Geography* 34:419-441.

Genómica ambiental y metagenómica para describir la diversidad microbiana en Cuatro Ciénegas

Valeria Souza Saldívar, Gabriela Olmedo Álvarez y Luis Enrique Eguiarte Fruns

En esta contribución se presentan datos obtenidos del primer estudio metagenómico hecho en Cuatro Ciénegas, con la finalidad de explorar a profundidad y comparar la diversidad de los microorganismos asociados a tapetes microbianos. Además es el único trabajo de este tipo realizado en la entidad.

La genómica ambiental busca entender tanto la diversidad como la función de la comunidad, a través del estudio de las relaciones entre los genomas y la ecología de los organismos. Las metodologías más comunes en genómica ambiental son la metagenómica, que busca analizar todo el contenido funcional en el ADN, y la que busca marcadores particulares, como es el caso del gen ribosomal 16S que revela la diversidad taxonómica, o genes con funciones específicas, como el *nifH* que revelaría la capacidad particular de dicha comunidad de realizar la fijación biológica del nitrógeno atmosférico.

La genómica ambiental de un sitio se realiza al obtener y analizar el metagenoma, el cual define a todo el material genético en una muestra ambiental que consiste en los genomas individuales de todas las especies de organismos presentes.

En los últimos años estas metodologías han permitido secuenciar material genético obtenido del ambiente. En particular, el proyecto metagenómico para explorar la diversidad y función de los microorganismos de las pozas de Cuatro Ciénegas comenzó en 2008, y fue financiado por un proyecto CONACYT-SEP. Previamente se utilizaron otras metodologías de genómica ambiental para poder saber qué sitios eran interesantes.

Este tipo de estudios no se podía realizar anteriormente con la microbiología clásica, que se basa en cultivar en cajas de Petri aislados de bacterias, puesto que 99% de las bacterias ambientales no pueden recuperarse, dado que no son capaces de crecer en forma aislada ni se pueden cultivar en los medios de cultivo clásicos.

A grandes rasgos, la metagenómica consiste en extraer el ADN de la comunidad que representa el conjunto de todos los organismos de algún ambiente de interés, por ejemplo tapetes microbianos, para obtener la secuencia de todo ese material genético. El resultado es una mezcla de fragmentos que incluye diferentes genes provenientes de todos los organismos de la muestra, y que permite conocer el potencial funcional de

Souza, V., G. Olmedo Álvarez y L.E. Eguiarte. 2018. Genómica ambiental y metagenómica para describir la diversidad microbiana en Cuatro Ciénegas. En: *La biodiversidad en Coahuila. Estudio de Estado*, vol. II. CONABIO/Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza, México, pp. 473-477.

dicha comunidad como un todo, a partir de su información genética.

Para descifrar algo tan complejo como la función potencial de toda una comunidad a partir de una mezcla de sus genomas, las secuencias obtenidas se analizan por medio de la utilización de técnicas bioinformáticas (que pueden manejar los millones o cientos de millones de secuencias), y se ensamblan los fragmentos en pedazos más grandes.

Las secuencias obtenidas son analizadas y se comparan contra bases de datos especializadas; si se encuentra un fragmento muy similar, éste se identifica con el nombre del gen encontrado y se le asigna una función potencial. En este caso se obtiene información del conjunto de genes de los cuales se conoce ya la función, y entonces se puede inferir las vías metabólicas que operan en cada uno de los sitios de toma de muestra.

Características de la diversidad microbiana en pozas, suelos y tapetes microbianos por métodos metagenómicos

Los tapetes microbianos representan comunidades microbianas ordenadas en diferentes capas, cada una de las cuales tiene características funcionales distintas. Por ejemplo, la capa superior, expuesta a la radiación solar, contiene microorganismos con capacidades fotosintéticas, mientras que en capas más profundas, en donde ya no penetra la luz ni el oxígeno, habitan microorganismos cuyo metabolismo se ha especializado para vivir en esas condiciones.

Los tapetes microbianos pueden tener diferentes formas: los llamados estromatolitos contienen las mismas comunidades que hay en los tapetes, pero dado su metabolismo, en presencia de carbonato de calcio se calcifican y parecen rocas, o pueden adoptar forma esférica si los mueve la corriente de agua, y se les llama entonces oncolitos. En cualquiera de sus formas, cada capa contiene microorganismos con funciones metabólicas distintas, que interactúan con los demás microorganismos de las diferentes capas, de tal manera que se ensamblan todos los ciclos biogeoquímicos.

Para analizar los metagenomas en Cuatro Ciénegas se eligieron cuatro sitios contrastantes en el lado este del valle: 1) estromatolito de Pozas Azules, rancho de Pronatura, que se encuentra en el costado este de la sierra de San Marcos; 2) el río Mezquites (Breitbart *et al.* 2009); 3) Poza Roja, en la zona de Los Hundidos, a unos 10 km al norte del rancho de Pozas Azules; y 4) Poza Verde, dentro del rancho de Pozas Azules, la cual posee una química del agua pobre en carbonatos de calcio (Bonilla-Rosso *et al.* 2012, Peimbert *et al.* 2012).

Varios metagenomas más están en vías de análisis en el Sistema Churince, ubicado en la parte oeste, que al ser somero es considerado como el sitio más divergente y frágil del valle. Los metagenomas analizados corresponden a muestras tomadas en tiempos distintos, desde mayo de 2011 a mayo de 2014; respecto de los datos de Churince, corresponden a un experimento sobre el efecto que tiene la entrada de fósforo (P, elemento escencial muy limitado en todo el valle). El cuadro 1 resume los sitios muestreados, en donde se observa la diversidad de clases representadas en cada uno.

Las características de las pozas son muy distintas. Por ejemplo, en el área llamada Los Hundidos, hay varias pozas rojas, que tienen este nombre debido a que efectivamente cuentan con un color rojizo; las caracteriza un nivel muy bajo de fósforo (0.6 mg/L de fósforo orgánico total) y fluctuaciones anuales de temperatura de hasta 50 ºC entre verano e invierno, así como variaciones diurnas importantes. En cambio, la Poza Verde tiene una temperatura de 25 ºC y fluctúa apenas unos 4°C; esta poza tiene hasta 10 veces menos sales que la Poza Roja muestreada y, aunque tiene más fósforo, presenta carencia de elementos tales como magnesio, sodio, potasio, cloro y compuestos como el sulfato.

Cuadro 1. Resumen de la diversidad bacteriana encontrada en los tapetes microbianos de las pozas Roja, Verde, Azul, y en el conjunto de agua, suelo y sedimento de un sitio de Cuatro Ciénegas (Churince).

Clase	*Phylum*	Churince[1]	Poza Verde[2]	Poza Azul[3]	Poza Roja[2]
Acidobacteria	Acidobacteria	P	-	-	-
Actinobacteria	Actinobacteria	A	-	-	-
	Subclase Actinobacteridae	-	A	A	A
Bacteroidetes	Bacteroidetes	A	A	A	A
	Flavobacteria	A	A	A	A
	Sphingobacteria	A	A	A	A
Cholorobi	Chlorobia	-	A	A	P
Chloroflexi	Anaerolineae	A	-	-	-
	Chloroflexi	A	A	A	P
	Thermomicrobia	P	-	-	-
Cyanobacteria	Cyanobacteria	A	A	A	A
	Deinococci	P	-	-	-
Firmicutes	Bacilli	P	A	A	A
	Clostridia	P	A	A	A
Planctomycetes	Planctomycetacia	A	A	P	P
Proteobacteria	Alphaproteobacteria	A	A	A	A
	Betaproteobacteria	A	A	A	A
	Gammaproteobacteria	A	A	A	A
	Deltaproteobacteria	A	A	A	P
Spirochaetes	Spirochaetes	P	-	-	-
Thermotogae	Thermotogae	-	P	P	P
Verrucomicrobia	Verrucomicrobiae	-	P	A	P

Abundante (A), 2% o más de secuencias de ADN; presente (P), menos de 2% pero arriba de 0.1% de las lecturas de ADN del metagenoma analizado; no detectado (-). Fuente: datos de laboratorio, manuscrito en preparación;[1] Bonilla-Rosso *et al.* 2012,[2] Breitbart *et al.* 2009.[3]

La medición de los parámetros fisicoquímicos estuvo a cargo del Dr. Felipe García, del Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad (IIES) de la UNAM en Morelia, Michoacán.

El análisis bioinformático de las secuencias de los tapetes microbianos reveló que el tapete microbiano de la Poza Azul es altamente diverso –se encontraron secuencias correspondientes a ocho clases taxonómicas, de manera abundante– en todos los linajes conocidos de bacterias (991 genes ribosomales distintos), mientras que el de la Poza Roja tiene pocos grupos taxonómicos, con sólo cinco clases de manera abundante

y con predominio del género *Pseudomonas* (se encontraron varias especies nuevas de este género).

Para el tapete de la Poza Verde, 603 genes ribosomales distintos fueron asignados a diferentes linajes bacterianos, y lo más interesante es que todos ellos fueron diferentes a los encontrados en la Poza Azul, la cual está a menos de 2 km de distancia, mientras que en los estromatolitos esféricos del río Mezquites se encontró una gran diversidad de cianobacterias.

Hasta ahora los tapetes microbianos del Churince parecen ser más parecidos a los de las Pozas Rojas, ya que en ambos dominan las proteobacterias, aunque esta diversidad cambia de manera dramática al introducir fósforo (P), con lo cual se eliminan todos los linajes "endémicos" (únicos) de la poza y se favorece el crecimiento de algas y especies oportunistas, lo que representa una voz de alarma sobre la entrada de nutrientes al ecosistema, debido a prácticas agrícolas.

Conclusión

Cuatro Ciénegas es un valle extraordinariamente diverso y uno de los pocos lugares del planeta en donde todavía hay estromatolitos y oncolitos vivos, relictos de un pasado dominado por microorganismos. Debido a que las técnicas convencionales no permitían entender el porqué de tanta diversidad en un sitio limitado en nutrientes –es el sitio con menos fósforo que se conoce–, se decidió adquirir una visión más holística de las comunidades por medio de la metagenómica comparada.

Si bien la diversidad beta (diferencia entre sitios muestreados) es muy alta, ya que cada sitio es único (Bonilla-Rosso *et al.* 2012), lo más interesante revelado por la metagenómica es que, a pesar de las diferencias taxonómicas, cada comunidad es capaz de realizar todas las funciones que se conocen hasta ahora en bacterias.

Por otra parte, se pueden identificar también muchos genes de resistencia a antibióticos (Peimbert *et al.* 2012), lo cual sugiere que el mutualismo, lo mismo que la competencia, hacen que la migración de bacterias "forasteras" a cada sitio sea muy limitada, debido a la presencia de diversos antibióticos.

Éstas son algunas de las claves para explicar la elevada diversidad del sitio y porqué ha mantenido los linajes marinos ancestrales que transformaron al planeta.

Estas comunidades complejas dependen del agua profunda rica en azufre y pobre en fósforo, que está guardada en el acuífero profundo y que sube al Churince debido a la presencia de una bolsa magmática desde varios kilómetros de profundidad (Wolaver *et al.* 2012). Entender las razones de su diversidad y cuáles son sus amenazas será determinante para poder defender este oasis extraordinario.

En tal sentido, es importante señalar que la sobreexplotación del agua es un problema grave y ya es evidente su impacto en las pozas. Los estromatolitos del Sistema Churince, que siempre estuvieron cubiertos por agua, quedaron completamente expuestos en 2014 y difícilmente podrán recuperarse.

Finalmente, es necesario llevar a cabo más estudios metagenómicos en otras localidades para poder comparar la diversidad y el metabolismo, en función de las diferentes características geográficas, pero también en relación a la influencia de las actividades humanas, dado que estos datos son excelentes indicadores en la búsqueda de un desarrollo sustentable.

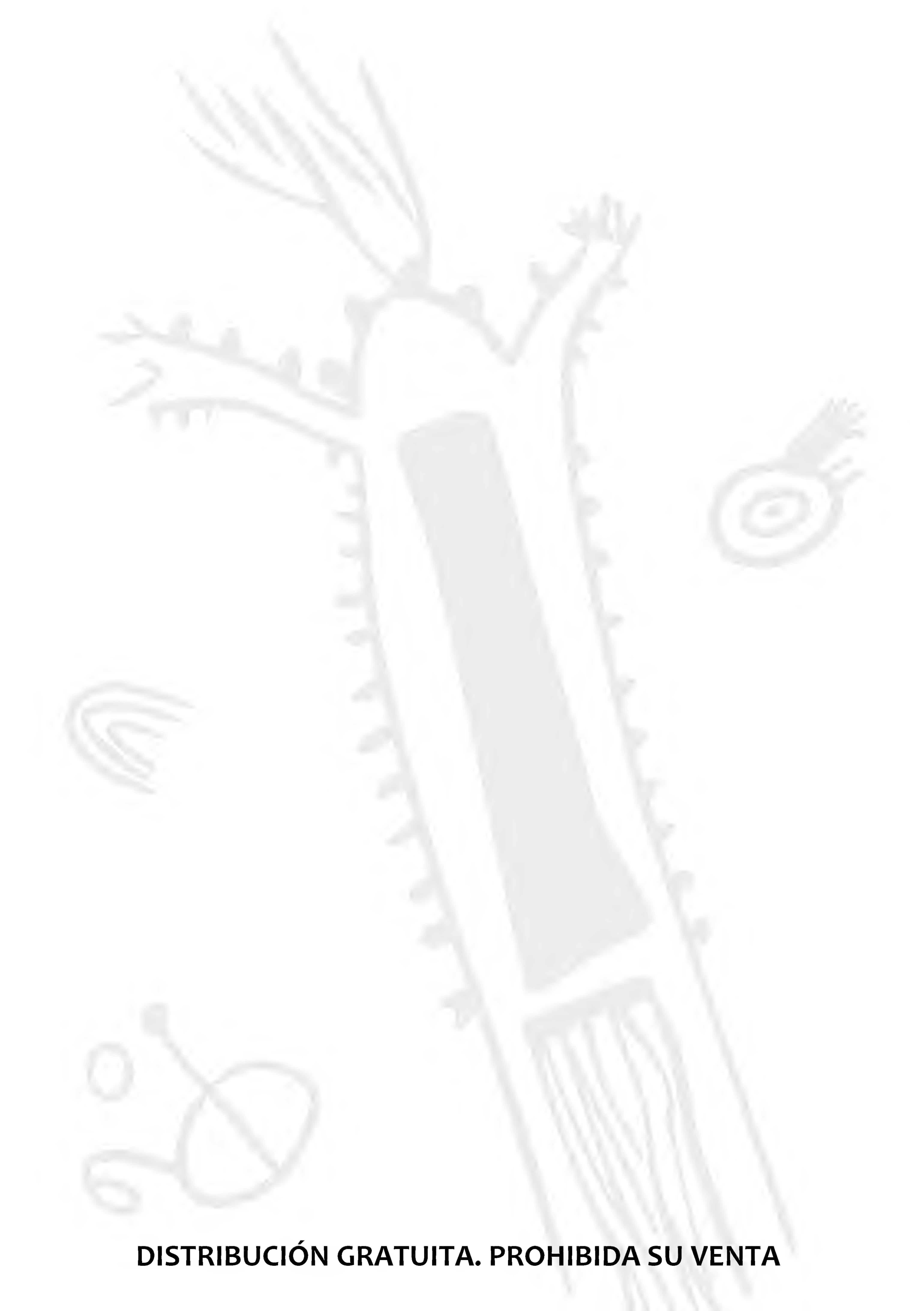
Referencias

Bonilla-Rosso, G., M. Peimbert, L.D. Alcaraz *et al.* 2012. Comparative metagenomics of two microbial mats at Cuatro Cienegas basin II: community structure and composition in oligotrophic environments. *Astrobiology* 12(7):659-673.

Breitbart, M., A. Hoare, A. Nitti *et al.* 2009. Metagenomic and stable isotopic analyses of modern freshwater microbialites in Cuatro Cienegas, Mexico. *Environmental microbiology* 11:16-34.

Peimbert, M., L.D. Alcaraz, G. Bonilla-Rosso *et al.* 2012. Comparative metagenomics of two microbial mats at Cuatro Cienegas basin II: ancient lessons on how to cope with environment under severe nutrient stress. *Astrobiology* 12(7):648-658.

Wolaver, B.D., L.J. Crossey, K.E. Karlstrom *et al.* 2012. Identifying origins of and pathways for spring waters in a semiarid basin using He, Sr, and C isotopes: Cuatro Cienegas basin, Mexico. *Geosphere* 9:113-125.



Diversidad genética en plantas silvestres

Marisol Cruz Requena y Raúl Rodríguez Herrera

Introducción

La diversidad genética es cualquier cuantificación de la magnitud de variabilidad dentro de una población y es una medida de biodiversidad (Hughes *et al.* 2008) que es importante, pues proporciona la materia prima para la evolución por selección natural (Fisher 1930).

Los estudios de diversidad genética son claves para generar programas de conservación de las especies, con el fin de que ayuden a minimizar las extinciones y eviten los problemas relacionados con el tamaño reducido de las poblaciones, el efecto de la endogamia o consanguinidad –pérdida de la diversidad y la habilidad para adaptarse, como respuesta a los cambios ambientales– y los efectos negativos que ocurren por la cruza entre individuos muy distintos (Frankham *et al.* 2002). A lo largo del tiempo se han realizado estudios genéticos en diversas especies vegetales, entre ellas algunas plantas silvestres.

Estudios realizados en especies silvestres nativas

En Coahuila se han realizado diferentes estudios sobre algunos fitoquímicos y compuestos presentes en diversas especies de plantas silvestres nativas cuyos usos principales se dan en la industria y la medicina. Tal es el caso de las siguientes especies: candelilla (*Euphorbia antisyphilitica*), guayule (*Parthenium argentatum*), maguey (*Agave salmiana* y *A. atrovirens*),[1] nopal (*Opuntia ficus-indica*),[1] mezquite (*Prosopis* spp.) y lechuguilla (*Agave lechuguilla*; Aguilar *et al.* 2008b).

Existen diferentes reportes de investigación sobre los usos de diversas especies de plantas silvestres nativas en Coahuila; en el cuadro 1 se presentan algunos de los trabajos más importantes sobre la composición química y aplicación en medicina y en la industria alimentaria.

En la región del Desierto Chihuahuense, y en particular en el estado, son pocos los estudios realizados para determinar la variabilidad genética de las plantas silvestres y nativas (cuadros 2 y 3). El mayor aporte se ha realizado en cactáceas (Almeyda-León *et al.* 2012), maguey noa, gobernadora, hojasén, orégano y sotol (Rodríguez-Herrera y Reyes-Valdés 2008). A continuación se describen algunas de las investigaciones realizadas en estas especies y en el cuadro 3 se resumen otros

[1] Estas especies son cultivadas y no se presentan en los apéndices de la obra.

Cruz-Requena, M. y R. Rodríguez-Herrera. 2018. Diversidad genética en plantas silvestres. En: *La biodiversidad en Coahuila. Estudio de Estado*, vol. II. CONABIO/Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza, México, pp. 479-485.

Cuadro 1. Principales usos de fitoquímicos presentes en plantas silvestres nativas de Coahuila.

Especie	Compuestos y fitoquímicos	Uso o aprovechamiento
Candelilla (*Euphorbia antisyphilitica*)	Cera (hidrocarburos, esteres, alcoholes)	Industrial, producción de velas, recubrimiento de frutos, lubricantes, etc.
Gobernadora (*Larrea tridentata*)	Resinas (ácido nordhidroguayaretico)	Industrial, aceites, lubricantes, barnices etc.
Guayule (*Parthenium argentatum*)	Hule (*cis*-1,4-polisopreno)	Medicinal e industrial, neumáticos, tubos, guantes etc.
Lechuguilla (*Agave lechuguilla*)	Saponinas (hepatonefrotoxina)	Elaboración de jabones
Maguey (*A. salmiana* y *A. atrovirens*)	Fibra e inulina	Alimenticio, industrial, aguamiel, panificación, pulque
Mezquite (*Prosopis* spp.)	Galactomananos	Alimentación
Nopal (*Opuntia ficus-indica*)	Fibra dietética, compuestos bactericidas	Alimentación y medicinal

Fuente: Aguilar *et al.* 2008b.

estudios que se han llevado a cabo en especies nativas como el mezquite (*Prosopis* spp.), el pino (*Pinus pinceana*) y las biznagas, éstas últimas enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 bajo alguna categoría de protección.

Maguey noa (*Agave victoriae-reginae*)

Este maguey es un complejo taxonómico endémico del Desierto Chihuahuense y está representado por tres especies (*Agave victoriae-reginae, A. nickelsiae* y *A. pintilla*) con una distribución geográfica que comprende Durango, Coahuila y Nuevo León. La especie *A. victoriae-reginae* se encuentra enlistada como en peligro de extinción de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010. Posee gran valor ornamental, lo cual representa su principal amenaza por el saqueo de coleccionistas.

La diversidad genética de este complejo de especies ha sido estudiada con diferentes marcadores a nivel morfológico y bioquímico (aloenzimas, fenólicos) y los resultados muestran diferencias tanto dentro de la población como entre poblaciones; sus patrones de variación genética son representativos de las especies desérticas perennes, cuyas características corresponden predominantemente con un mecanismo de polinización cruzada. Además, gracias a las diferencias en el perfil fenólico, se propone separar de este complejo a *A. pintilla*, al encontrarse con cuatro diferentes compuestos fenólicos (Martínez-Palacios *et al.* 1999, González-Elizondo *et al.* 2011, Almaraz-Abarca *et al.* 2013).

Cuadro 2. Estudios sobre diversidad genética con marcadores morfológicos, bioquímicos y moleculares en los agaves silvestres nativos de Coahuila.

Especie	Distribución/ nom-059	Marcador	Resultados	Fuente
Lechuguilla (*Agave lechuguilla*)	Ecología reproductiva: patrones de distribución geográfica	Aloenzimas	Diferencias entre poblaciones en diferenciación y flujo genético, lo que permite identificar poblaciones diversas	Silva-Montellano y Eguiarte 2003
	Taxonómico	Perfil foliar fenólico	Codominancia de dihidrofenoles y flavonoles. La composición química sirve de base para la identificación de ecotipos de esta especie	Silva-Montellano y Eguiarte 2003
Maguey noa (*Agave victoriae-reginae*)*	Taxonómico	Morfológico	Separación de complejo *Agave victoriae-reginae,* permite identificar cuáles especies del complejo están en riesgo de extinción	Almaraz-Abarca *et al.* 2013
		Perfil foliar fenólico	51 compuestos fenólicos en cuatro grupos	Delgado-Alvarado y Ávila-Reyes 2013
	Estructura genética y patrones de distribución	Aloenzimas	Diferencias entre grupos poblacionales	González-Elizondo *et al.* 2011

* Endémica del norte de México; en peligro de extinción de acuerdo a la nom-059-semarnat 2010.

Hojasén (*Flourensia cernua*)

Es una planta endémica del Desierto Chihuahuense y su distribución es amplia en la región. Es un arbusto ramificado que puede llegar a medir 2 m de altura; sus ramas son delgadas y resinosas, de color café claro a gris; sus hojas están alternadas, son simples, elípticas u oblongas (de 17 a 25 mm de largo y 6.5 a 11.5 mm de ancho) y agudas por ambos lados (figura 1). Su fruto es un aquenio de 6 mm de largo y 12 mm de ancho (Saucedo-Pompa y Jasso Cantú 2008).

Los principales usos son medicinales, en específico para enfermedades gastrointestinales como el dolor de estómago, la diarrea y la disentería; también se emplea como expectorante y antirreumático (Martínez 1989, Argueta *et al.* 1994, Estrada *et al.* 2005). Con el propósito de determinar la estructura genética y niveles de polinización cruzada entre poblaciones, se realizó un estudio con marcadores bioquímicos. Se encontró un alto nivel de flujo genético favorecido por alta polinización cruzada e incompatibilidad parcial de las flores, lo que propicia alta heterocigosidad (Ferrer *et al.* 2004).

Gobernadora (*Larrea tridentata*)

Esta planta se caracteriza por ser un arbusto leñoso, muy ramificado, perennifolio, que mide de 0.6 a 3 m de altura y llega a tener hasta 50 g

Cuadro 3. Estudios sobre diversidad genética con marcadores morfológicos, bioquímicos y moleculares en plantas silvestres nativas de Coahuila (otras plantas).

Especie	Distribución/ NOM-059*	Objetivo	Marcador	Resultados	Fuente
Hojasén (*Flourensia cernua*)	Endémica	Estructura genética	Aloenzimas	Altos niveles de polinización cruzada y de heterocigosidad, identifica que hay una gran diversidad genética en esta especie	Ferrer *et al.* 2004
Gobernadora (*Larrea tridentata*)	Endémica	Estructura genética	Isoenzimas	Alta diversidad genética. La especie no está en riesgo y se pueden seleccionar plantas con diferentes características químicas	Durán *et al.* 2005
Pino (*Pinus pinceana*)	Endémica/ En peligro de extinción	Diversidad genética	Isoenzimas	Diversidad genética entre poblaciones. Se determinó la diversidad de esta especie	Ledig *et al.* 2001
Mezquite (*Prosopis* spp.)	Nativa	Identificación de antecesor entre tres especies	RAPD	Diversidad genética entre poblaciones. Permitió estudiar el parentesco entre especies	Juárez-Muñoz *et al.* 2004
Biznagas (*Astrophytum myriostigma*	Endémica/ Amenazada	Conocer sus relaciones genéticas	Microsatélites (SSR)	Alta divergencia genética, obtención de etiquetas génicas. Permite identificar la reducida variabilidad genética de las especies en riesgo de extinción	Villavicencio *et al.* 2011
A. capricorne	Endémica/ Amenazada				
Ariocarpus retusus	Endémica/ Amenazada				
Epithelanta micromeris)	No endémica/ Protección especial				

*SEMARNAT 2010.

de hojas y tallos, que representan alrededor de 3/10 de su peso total; crece ampliamente en el norte de México y el sureste de Estados Unidos (Mercado-Martínez y Aguilar 2008).

Son diversos los usos medicinales que se le han dado a esta planta: para atender problemas en la piel, alérgicos, de bronquitis, colitis, dolor de muelas y pérdida de peso, y además se utiliza como antimicrobiano y diurético, entre otros (Arteaga *et al.* 2005). Por otra parte, y debido a que esta planta es rica en compuestos bioactivos como polifenoles, es una fuente potencial para

diversas industrias como la farmacéutica y la alimentaria (Aguilar *et al.* 2008a, b).

Durán y colaboradores (2005) llevaron a cabo un estudio sobre diversidad genética con marcadores bioquímicos a través del Desierto Chihuahuense, y encontraron una alta diversidad genética.

En un estudio más reciente de filogenética y citogeografía con citometría de flujo y datos de secuenciación de ADN no codificante, se encontró que *L. tridentata* es un complejo taxonómico autopoliploide con diferentes características taxonómicas, poblaciones diploides, tetraploides y hexaploides (Laport *et al.* 2012). Las diploides sólo se encuentran en el Desierto Chihuahuense, mientras que las poliploides están en los márgenes de Sonora y en el desierto de Mojave, en Estados Unidos. La especie presenta origen monofilético y está hermanada con *L. divaricata*, planta diploide de América del Sur (Durán *et al.* 2005). Estos hallazgos sugieren un origen reciente en el norte a través de la dispersión a larga distancia, con el establecimiento de poblaciones poliploides que favorecen esta rápida expansión.

Orégano (*Lippia* spp.)

El género *Lippia* está conformado por un grupo de plantas que comparten características de olor y sabor similares, los cuales son producto de la presencia de carvacol y timol en sus hojas. El orégano mexicano (*Lippia berlandieri* y *L. graveolens*) es una de las especies mayormente estudiadas en el país (Silva-Vázquez *et al.* 2008). En Coahuila se cuenta con otra especie de orégano: *Poliomintha longiflora*, comúnmente llamado orégano de cerro (Aranda-Ruiz *et al.* 2009), del cual existe poca información.



Figura 1. Hojas de hojasén (*F. cernua*) tomadas en zonas aledañas a Saltillo. Foto: Miguel Ángel Medina Morales.

La hoja del orégano es comúnmente usada como condimento de alimentos, así como para la elaboración de cosméticos, fármacos y licores, por lo que se ha convertido en un producto de exportación (Arcila-Lozano *et al.* 2004).

En cuanto a estudios de diversidad genética, es realmente muy escasa la información acerca de esta planta. Cazares-Alonso y colaboradores (2012) realizaron un estudio en germoplasma silvestre y cultivado de orégano (*Lippia* sp.) a nivel molecular –los cuales fueron colectados en los municipios de General Cepeda, Parras de la Fuente y Ramos Arizpe–, y establecieron la relación de los mismos con la producción de aceites esenciales.

Para llevar a cabo los análisis, se realizaron dos pruebas de marcadores moleculares: RAPD –ADN polimórfico amplificado al azar– y SSR –secuencias simples repetidas–. Se encontró que la diversidad genética mostrada por la técnica de RAPD y SSR fue muy similar (48 y 47%, respectivamente) y fue mayor entre poblaciones. Con respecto a la situación geográfica, no hubo agrupación de genotipos, tampoco se observó concordancia del agrupamiento entre los materiales con las dos técnicas utilizadas, y los investigadores concluyeron que existe variabilidad suficiente entre los genotipos de orégano.

Conclusión

Al observar algunos de los ejemplos anteriores, se encuentran esfuerzos aislados y con una falta de lineamientos en la genética de la conservación, en específico, para el mayor entendimiento de la diversidad genética de la flora nativa y, consecuentemente, su conservación. Las especies silvestres que se desarrollan en el Desierto Chihuahuense se distinguen por presentar niveles altos de diversidad genética, dado que tienen que sobrevivir en condiciones extremas de suelo y clima; además la mayoría tiene altos niveles de polinización cruzada, lo que incrementa esta variabilidad.

Dado que existen diferentes usos y aplicaciones de las sustancias presentes en las plantas nativas de Coahuila, y debido a la alta variabilidad genética, es importante realizar actividades de aprovechamiento que aseguren la supervivencia de las poblaciones bajo un esquema de sustentabilidad, ya que son varias las especies nativas de estas zonas que se encuentran en peligro de extinción, como es el caso de algunas biznagas y del maguey noa *A. victoriae-reginae*.

Referencias

Aguilar, C.N., A. Aguilera-Carbó, A. Robledo *et al.* 2008a. Production of antioxidant nutraceuticals by solid-state cultures of pomegranate (*Punica granatum*) peel and creosote bush (*Larrea tridentata*) leaves. *Food Technology and Biotechnology* 46(2):218-222.

Aguilar, C.N., R. Rodríguez-Herrera, S. Saucedo-Pompa y D. Jasso-Cantú. 2008b. *Fitoquímicos sobresalientes del semidesierto mexicano.* Path Design, Coahuila, México.

Almaraz-Abarca, N., M.S. González-Elizondo, C.M. Graça *et al.* 2013. Variability of the foliar phenol of the *Agave victoriae-reginae* complex (Agavaceae). *Botanical Science* 91(3):295-306.

Almeyda-León, I.H., E.E. Villavicencio-Gutiérrez, A. Arredondo-Gómez y V. Pecina-Quintero. 2012. *Caracterización molecular de las cactáceas del Desierto Chihuahuense.* Folleto técnico. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).

Aranda-Ruiz, J., R. Silva Vázquez y D.I. Franco Hernández. 2009. Caracterización del aceite esencial de orégano liso (*Poliomintha longiflora* Gray) de la localidad Infiernillo en el municipio de Higueras, N.L., México. *Revista de la Facultad de Salud Pública y Nutrición* 10(1).

Arcila-Lozano, C.C., G. Loarca-Piña, S. Lecona-Uribe y E. González de Mejía. 2004. El orégano, propiedades, composición y actividad biológica de sus componentes. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* (ALAN) 54:100-111.

Argueta, V.A., A.L.M. Cano, M.E. Rodarte. 1994. Plantas medicinales de la medicina tradicional mexicana. *Phytochemistry* 64(3):285-291.

Arteaga, S., A. Andrade-Cetto y R. Cárdenas. 2005. *Larrea tridentata* (Creosote bush), an abundant plant of mexican and US-american deserts and its metobilte nordihydroguaiaretic acid. *Journal of Ethnopharmacology* 98(3):231-239.

Cazares-Alonso, C.A., E.E. Villavicencio-Gutiérrez, J. Verde-Star *et al.* 2012. Caracterización molecular y producción de aceites esenciales de diferentes genotipos de orégano (*Lippia* sp.). *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 1:85-94.

Delgado-Alvarado, E.A. y J.A. Ávila-Reyes. 2013. Variability of the foliar phenol of the *Agave victoriae-reginae* complex (Agavaceae). *Botanical Science* 91(3):295-306.

Durán, K.L., T.K. Lowrey, R.R. Parmenter y P.O. Lewis. 2005. Genetic diversity in Chihuahuan Desert population of creosote bush (Zygophyllaceae: *Larrea tridentata*). *American Journal of Botany* 92:722-729.

Estrada, E., J.A. Villarreal y E. Jurado. 2005. Leguminosas del norte del estado de Nuevo León, México. *Acta Botanica Mexicana* 7(3):1-18.

Ferrer, M.M., L.E. Eguiarte y C. Montana. 2004. Genetic structure and outcrossing rates in *Flourensia cernua* (Asteraceae) growing at different densities in the south-western Chihuahua Desert. *Annals of Botany* 94:419-426.

Fisher, R.A. 1930. *The genetical theory of natural selection*. Oxford University Press, Oxford, Reino Unido.

Frankham, R., J.D. Ballou y D.A. Briscoe. 2002. *Introduction to conservation genetics*. Cambridge, University Press, Reino Unido.

González-Elizondo, M.S., M. González-Elizondo, I.L. López-Enríquez *et al.* 2011. Complejo *Agave victoriae-reginae* (Agavaceae). *Acta Botanica Mexicana* 95:65-94.

Hughes, A.R., B.D. Inouye, M.T.J. Johnson *et al.* 2008. Ecological consequences of genetic diversity. *Ecology Letters* 11:609-623.

Juárez-Muñoz, J., G.R. Carrillo-Castañeda, G. Arreguín y A. Rubluo. 2004. Inter- and intra- genetic variation of four wild populations of *Prosopis* using RAPD PCR fingerprints. *Biodiversity and Conservation* 11:921-930.

Laport, R.G., R.L. Minckley y J. Ramsy. 2012. Phylogeny and cytogeography of the north american creosote bush (*Larrea tridentata*, Zygophyllaceae). *Systematic Botany* 37:153-164.

Ledig, F.T., M.A. Capo-Arteaga, P.D. Hodgskiss *et al.* 2001. Genetic diversity and mating system of a rare mexican piñón, *Pinus pinceana*, and a comparison with *Pinus maximartinezii* (Pinaceae). *American Journal of Botany* 88(11):1977-1987.

Martínez M. 1989. *Las plantas medicinales de México*. 6ª edición. Botas, México.

Martínez-Palacios, A., L.E. Egiarte y G.R. Furnier. 1999. Genetic diversity of the endangered endemic *Agave victoriae-reginae* (*Agavaceae*) in the Chihuahuan Desert. *American Journal of Botany* 86(8):1093-1098.

Mercado-Martínez, D. y C.N. Aguilar. 2008. Gobernadora (*Larrea tridentata*). En: *Fitoquímicos sobresalientes del semidesierto mexicano*. C.N. Aguilar, R. Rodríguez-Herrera, S. Saucedo-Pompa y D. Jasso-Cantú (eds.). Path Design, Coahuila, México, pp. 103-105.

Rodríguez-Herrera, R. y M.H. Reyes-Valdés. 2008. Estudio de la diversidad genética en plantas usando marcadores moleculares basados en el DNA. En: *Fitoquímicos sobresalientes del semidesierto mexicano*. C.N. Aguilar, R. Rodríguez-Herrera, S. Saucedo-Pompa y D. Jasso-Cantú (eds.). Path Design, Coahuila, México, pp. 483-505.

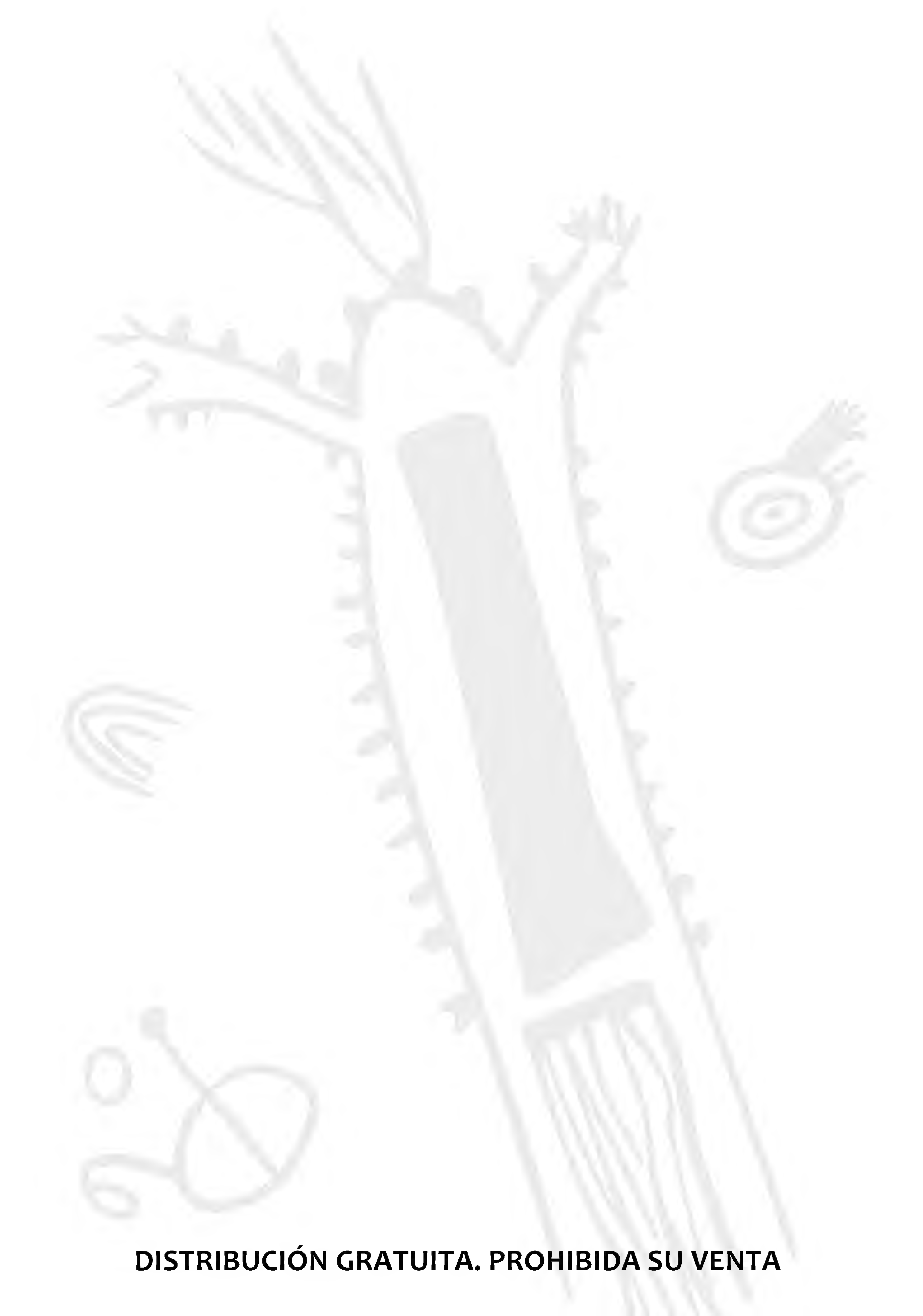
Saucedo-Pompa, S. y D. Jasso-Cantú. 2008. *Flourensia cernua* D.C. (Hojasen). En: *Fitoquímicos sobresalientes del semidesierto mexicano*. C.N. Aguilar, R. Rodríguez-Herrera, S. Saucedo-Pompa y D. Jasso-Cantú (eds.). Path Design, Coahuila, México, pp. 85-88.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.

Silva-Montellano, A. y L. Eguiarte. 2003. Geographic patterns in the reproductive ecology of *Agave lechuguilla* (Agavaceae) in the Chihuahuan Desert. II. Genetic variation, differentiation and inbreeding estimates. *American Journal of Botany* 90:700-706.

Silva-Vázquez, R., M.G. Gastélum-Franco, J.V. Torres-Muñoz y V. Nevárez-Moorillón. 2008. Las especies de orégano en México. En: *Fitoquímicos sobresalientes del semidesierto mexicano*. C.N. Aguilar, R. Rodríguez-Herrera, S. Saucedo-Pompa y D. Jasso-Cantú (eds.). Path Design, Coahuila, México, pp.143-160.

Villavicencio G., E.E., A. Arredondo G., I.H. Almeyda L. *et al.* 2011. Colecta, caracterización y producción de cactáceas ornamentales. En: *Resúmenes ejecutivos*. Ejercicio Fiscal 2009. Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS), pp. 108-110.



Diversidad genética en sotol (*Dasylirion* sp.)

Marisol Cruz Requena y Raúl Rodríguez Herrera

Introducción

El sotol es una planta perteneciente a la familia Nolinaceae, que crece abundantemente en la región del Desierto Chihuahuense (figura 1). Se caracteriza por ser una planta dioica, es decir, hay plantas hembra y plantas macho, lo que no es revelado hasta alcanzar la madurez sexual, la cual tarda al menos ocho años en ocurrir (Bogler 1994). La diferencia entre plantas macho y hembra se puede observar en su escapo o inflorescencia (figura 1). En las plantas macho se encuentran los estambres –tipo de espinas–, mientras que en las plantas hembra se encuentran los pistilos –que carecen de dichas estructuras– (Bogler 1994).

El sotol se utiliza en algunas ocasiones como alimento, en la construcción y para ornamentación. El uso principal que se le ha dado a esta planta es para la producción de la bebida alcohólica que lleva el mismo nombre (De la Garza-Toledo *et al.* 2008, Cruz-Requena *et al.* 2008).

En México se han identificado cerca de 16 especies; particularmente en Coahuila se han reconocido alrededor de siete, y sólo *Dasylirion cedrosanum* y *D. duranguensis* tienen características



Figura 1. Planta de sotol (*Dasylirion* sp.) en el cañón de la Roja, Arteaga, Desierto Chihuahuense. Foto: M. Humberto Reyes Valdés.

Cruz-Requena, M. y R. Rodríguez-Herrera. 2018. Diversidad genética en sotol (*Dasylirion* sp.). En: *La biodiversidad en Coahuila. Estudio de Estado*, vol. II. CONABIO/Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza, México, pp. 487-490.

y propiedades para ser utilizadas en la producción de la bebida alcohólica, como el tamaño de la piña y la cantidad de carbohidratos fermentables (De la Garza-Toledo *et al.* 2008, Cruz-Requena *et al.* 2013).

Económicamente, el sotol representa una fuente de ingresos para algunas poblaciones rurales ubicadas principalmente en Parras y Viesca, en donde extraen el tallo sobre todo de plantas hembras, pues se tiene la creencia que estas plantas producen más y mejor calidad de la bebida alcohólica que las plantas macho (figura 2). Esto representa una amenaza para la conservación de la población, ya que no hay un control en la cantidad y tipo de individuos –plantas macho o hembra– extraídos. El hecho de que se prefiera cosechar plantas hembra puede llevar a que exista un desequilibrio en la población, al disminuir la cantidad de producción de semillas, lo que pone en riesgo la existencia de la especie.

Por otro lado, la limitante en el conocimiento del sexo de la planta hasta edad avanzada representa un obstáculo para la planeación de sistemas de producción intensivos, al no contar con una relación machos/hembras que permita balancear el número de plantas de diferentes sexos en la plantación. Existen pocos estudios genéticos sobre el sotol, a pesar de que es una planta con una historia de aprovechamiento importante (cuadro 1).



Figura 2. Piña de sotol antes de ser sometida a la producción de la bebida alcohólica. Foto: Aarón Acevedo.

Hallazgos sobre la diversidad genética del sotol

Se realizó un estudio de diversidad genética en la especie *D. cedrosanum*, en el cual se utilizó la técnica de polimorfismo de la longitud de fragmentos amplificados (AFLP por sus siglas en inglés; Cruz-Requena *et al.* 2013). Ésta se fundamenta en la reacción en cadena de la polimerasa (PCR por sus siglas en inglés), y se puede utilizar en la elaboración de mapas genéticos, análisis de filogenia, identificación de cultivos, etc. Asimismo permite la caracterización de individuos dentro de una población, por lo que es muy útil en los análisis de paternidad y estudios de flujo genético (Vos *et al.* 1995).

Con esta técnica se determinaron diferencias ligadas al sexo de las plantas de sotol y se conoció su diversidad intergenérica. El estudio realizado se llevó a cabo en 29 plantas de sotol, 15 hembras y 14 machos obtenidas en el ejido Buñuelos, de Saltillo, en 2007.

Los resultados no mostraron diferencias en el ADN ligadas al sexo y se encontró que, tanto en plantas macho como en plantas hembra, son similares los efectos de las fuerzas evolutivas, tales como la mutación (cambios en el ADN), selección (favorecer la reproducción de algunos individuos en específico), migración (que las semillas o granos de polen vayan de una población de plantas a otra) y deriva genética (algunas plantas en específico se pierden por causas del azar).

En este mismo estudio se realizaron comparaciones en la composición química de ambas piñas de sotol –hembras y machos– y también se determinó la capacidad fermentativa para la producción de la bebida alcohólica, luego de lo cual se encontraron valores similares y sin diferencia estadística significativa. Al tomar estos resultados como base, se puede concluir que el uso selectivo de las plantas hembra puede dejarse a un lado y utilizar ambas plantas para la producción de sotol (Cruz-Requena *et al.* 2013).

Cuadro 1. Resumen de las investigaciones realizadas sobre la diversidad de sotol en Coahuila.

Técnicas	Tipo de información obtenida	Principales hallazgos y conclusiones para conservación, manejo o uso	Fuente
Citogenéticas	Número de cromosomas y nivel de ploidia	Conocimiento del número de cromosomas, dato de gran utilidad para establecer métodos de mejoramiento genético más adecuados	Pinales 2009
Inventarios	Densidades de poblaciones, y localidades con más abundancia	Identificación de áreas donde se concentra la especie	Zárate 2003
Cultivo de tejidos	Medios de cultivo y optimización de la reproducción asexual	Se desarrolló la técnica para reproducción asexual de las plantas	Villavicencio *et al.* 2007
Tecnología de semillas	Métodos de tratamiento a la semilla (escarificación)	Rompimiento de dormancia (latencia) de la semilla	Calderón 2004
Marcadores moleculares	Índices de diversidad genética	Identificación de áreas con mayor diversidad genética	Meléndez *et al.* 2012
Marcadores moleculares	Diversidad altitudinal	Conocimiento de la diversidad de acuerdo a la altura sobre el nivel del mar	Pinales 2009

Conclusión

En años recientes algunas instituciones en Coahuila han desarrollado alternativas para proteger esta especie, sin embargo no existe una coordinación entre las diferentes dependencias y los apoyos para la investigación del gobierno estatal y federal.

Dentro de las alternativas que se han realizado para tener mayor conocimiento del sotol y poder generar propuestas para su protección y aprovechamiento sustentable, se pueden mencionar el inventario de las poblaciones y el desarrollo de diferentes técnicas de propagación de la planta, que incluyen la forma *in vitro* y métodos de tratamiento de la semilla para reducir la dormancia –receso de la actividad física y biológica–; asimismo se ha determinado el número de cromosomas de la especie y se han realizado diversos estudios de diversidad genética con la utilización de marcadores de ADN.

Con estos estudios y con el impulso de instituciones académicas para realizar investigaciones en otros apartados –como el estudio de plagas, enfermedades y microorganismos asociados, y la selección de genotipos y protección de regiones con alta diversidad genética de sotol–, se podría aumentar el conocimiento para alcanzar una producción sustentable de esta especie.

Asimismo el hecho de que los presentes resultados mostraran que tanto plantas hembra como plantas macho pueden ser utilizadas para la producción de la bebida, hace evidente que es posible realizar un aprovechamiento sustentable de la especie sin aumentar la presión sobre un sector específico de la población, para ofrecer una alternativa productiva viable a los pobladores, así como asegurar la conservación de las poblaciones de plantas. Sin embargo, es necesario realizar más estudios a nivel poblacional, con la finalidad de sentar las bases para un programa de manejo sustentable de la especie.

Referencias

Bogler, D.J. 1994. *Taxonomy and philogeny of Dasylirion (Nolinaceae)*. Tesis de doctorado en filosofía. The University of Texas at Austin, EUA.

Calderón, G.E.R. 2004. *Rompimiento de latencia en semillas de sotol (Dasylirion cedrosanum* Trel*) mediante escarificación física y química*. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN). Coahuila, México.

Cruz-Requena, M., D. Jasso-Cantú, A. Aguilera *et al.* 2008. Sotol a liqueur with a great past but with a better future. En: *Crop improvement and biotechnology editions*. D. Thangadurai, L. Tripathi, H.K.N. Vasanthaiah, D. Jasso Cantú (eds.). Bioscience Publications. New Delhi, India, pp.119-127.

Cruz-Requena, M., H. De la Garza-Toledo, C.N. Aguilar-González *et al.* 2013. Chemical and molecular properties of sotol plants (*Dasylirion cedrosanum*) of different sex and its fermentation products. *International Journal of Basic and Applied Chemical Sciences* 3:41-49.

De la Garza-Toledo, H., M. Martínez, L. Lara *et al.* 2008. Production of a mexican alcoholic beverage sotol. *Research Journal of Biological Sciences* 3:566-571.

Meléndez R., N.P., V. Padilla G., G. Gaona L. *et al.* 2012. Genetic variability of sotol *(Dasylirion cedrosanum)* populations in the mexican Coahuila southern area. *Plant Breeding and Seed Science* 66:75-88.

Pinales Q., I. 2009. *Estimación del tamaño óptimo de la muestra para reflejar la diversidad genética del sotol en el sureste de Coahuila*. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Coahuila (UADEC), Facultad de Ciencias Químicas, Unidad Saltillo, pp. 56-62.

Villavicencio G., A. Cano P. y A. Juárez S. 2007. *Guía para la micropropagación y producción in vitro de plantas de sotol (Dasylirion cedrosanum* Trel*)*. Folleto técnico 37. INIFAP.

Vos, P., R. Hogers, M. Bleeker *et al.* 1995. AFLP: a new technique for DNA fingerprinting. *Nucleic Acids Research* 23:4407-4414.

Zárate L., A. 2003. *Inventario de las poblaciones de sotol (Dasylirion cedrosanum Trel) en el estado de Coahuila*. Coahuila, México.

Recursos genéticos de las plantas cultivadas

Froylán Rincón Sánchez

Introducción

Las especies vegetales de uso tradicional, las poblaciones de cultivos desarrolladas por los agricultores (variedades locales) y las variedades mejoradas son componentes de la agro-biodiversidad o diversidad biológica para la producción agrícola (FAO y PAR 2011) que, en conjunto con las comunidades y su interacción, forman parte de un ecosistema. Los recursos genéticos de las plantas cultivadas, principalmente la parte de uso agrícola, se refieren a las especies vegetales con valor real o potencial para la alimentación y la agricultura.

A partir del desarrollo de esta última, la interacción de las especies vegetales y animales con el ser humano ha jugado un papel importante, ya que contribuye a resolver las necesidades de alimentación, energía, construcción y salud (Harlan 1992).

En América tropical se identificó a la región de Mesoamérica como centro primario de domesticación de plantas y animales (Harlan 1971, Gepts 2004), limitada al norte por las áreas semidesérticas del norte de México, y al sur por la selva del Darién, en el istmo de Panamá. El científico ruso N.I. Vavilov consideró que había ocho áreas donde la variación genética de las especies estaba concentrada, y las llamó “centros de origen de las plantas cultivadas”, en los que se había domesticado la mayoría de los cultivos, a partir de poblaciones silvestres autóctonas (Ford-Lloyd y Jackson 1986); en la actualidad se les conoce como centros de diversidad genética de las especies cultivadas.

México es uno de los países llamados megadiversos, por su gran riqueza en la variedad vegetal, ya que cuenta con la mayoría de los tipos de vegetación que se conocen en el mundo. Además, como parte de la región mesoamericana, es reconocido como un centro primario de domesticación de plantas cultivadas, semi-cultivadas y malezas (Harlan 1971). Hernández-Xolocotzi (1993) menciona más de 118 especies de plantas domesticadas en México, pertenecientes a 70 géneros y 38 familias.

Coahuila tiene una diversidad orográfica que determina una gran variación de condiciones climáticas, lo cual permite el establecimiento de distintos ecosistemas que van desde las áreas semidesérticas hasta los bosques de pino y encino en las montañas, y que también ejercen una

Rincón-Sánchez, F. 2018. Recursos genéticos de las plantas cultivadas. En: *La biodiversidad en Coahuila. Estudio de Estado*, vol. II. CONABIO/Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza, México, pp. 491-497.

presión ambiental y ecológica en las especies, así como, particularmente, en el desarrollo de la agricultura.

La información estadística disponible no documenta las especies de uso tradicional en las diversas condiciones ecológicas del estado, y tampoco existen trabajos que registren cultivos de traspatio o similares. Por lo anterior se presenta un breve análisis de las siembras de los cultivos en 2014, en el cual se considera que estos cultivos tienen diversos usos adicionales en las comunidades rurales, así como una alta relevancia en términos de la diversidad genética de las plantas cultivadas en la entidad.

En el año agrícola otoño-invierno y primavera-verano de 2014, la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) reportó la producción de 26 especies de cultivos agrícolas anuales y 11 de cultivos perennes en Coahuila (SAGARPA y SIAP 2014). La superficie sembrada con cultivos agrícolas anuales fue de 147 385.3 ha, de las cuales 68.1 y 31.9% correspondieron a las siembras de riego y temporal, respectivamente (cuadro 1).

También se reportó la siembra de 120 880.4 ha con especies perennes, de las cuales 44.9 y 55.1% se siembran bajo condiciones de riego y temporal o secano, respectivamente. En orden de importancia, las siembras corresponden a diversas especies de pastos, alfalfa y nopal forrajero, seguidos de nuez y manzana como cultivos agrícolas perennes (cuadro 1).

En el sureste de Coahuila se ha documentado que las actividades de los productores son muy diversas. Además de la producción agrícola con uno o varios cultivos, realizan labores relacionadas con la producción de diversas especies de animales, así como otras actividades forestales dentro de la comunidad (Aguirre *et al.* 2011).

Diversidad de especies vegetales

El Convenio sobre Diversidad Biológica define a ésta como la variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos los ecosistemas terrestres, marinos y otros ecosistemas acuáticos, así como los complejos ecológicos; comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas (CDB 1992).

En el presente documento se considera la diversidad de especies vegetales en sus diversas formas y relaciones complejas como componente del ecosistema, particularmente la diversidad de las especies de importancia agrícola o agro-biodiversidad. Esta última se refiere al conjunto de poblaciones adaptadas y modificadas a través de selección por los agricultores, o bien, a cultivos desarrollados a través del mejoramiento genético (FAO y PAR 2011).

Se han destacado algunos de los estudios sobre el inventario y distribución de las especies vegetales en México. Piñero (2008) documenta trabajos acerca de la diversidad y estructura genética en especies mexicanas como frijoles, maíz, chiles (*Capsicum* spp.), calabacitas, ciruela mexicana o jocote, aguacate (*Persea americana*) y algodón. La diversidad vegetal en Coahuila está relacionada a las condiciones de clima en los diferentes nichos ecológicos (condiciones de temperatura, tipo de suelo, precipitación, altitud), pero también al manejo de las especies dentro de las comunidades a través del tiempo.

Por ejemplo, en el sureste del estado, además de los cultivos agrícolas de importancia maíz, frijol, avena, papa, manzana, nogal y de diversos cultivos introducidos (cuadro 1), en las comunidades rurales es común encontrar siembras en pequeña escala de especies nativas como aguacate, nogal, tejocote, calabaza, chayote, chilacayote, chile piquín y tomate de cáscara (Rodríguez 2014).

Aunque en términos generales no se tienen documentados estudios de diversidad e inventario de los cultivos agrícolas de interés en el estado, existen trabajos como el de Rincón *et al.* (2010), quienes realizaron exploraciones y recolección

Cuadro 1. Superficie sembrada de cultivos en Coahuila en los ciclos agrícolas primavera-verano y otoño-invierno de 2014.

Cultivo	Grupo	Nombre científico	Frecuencia**	Superficie sembrada (ha)		
				Total	Riego	Temporal
Anuales						
Avena grano	Cereales	*Avena sativa*	34	8.0	8.0	–
Frijol *	Cereales	*Phaseolus vulgaris*	35	4 574.0	577.5	3 996.5
Maíz grano *	Cereales	*Zea mays*	35	32 583.5	5 499.3	27 084.2
Sorgo grano	Cereales	*Sorghum vulgare*	35	3 150.0	3 110.0	40.0
Trigo grano	Cereales	*Triticum* spp.	35	8 276.1	8 134.1	142.0
Alpiste	Forrajes	*Phalaris canariensis*	34	20.0	10.0	10.0
Avena forrajera	Forrajes	*Avena sativa*	35	20 206.6	14 784.6	5 422.0
Cebada forrajera	Forrajes	*Hordeum vulgare*	35	1 239.8	779.8	460.0
Cebada grano	Forrajes	*Hordeum vulgare*	35	185.0		185.0
Maíz forrajero *	Forrajes	*Zea mays*	35	16 979.5	16 979.5	–
Remolacha forrajera	Forrajes	*Beta vulgaris*	2	3.5	3.5	–
Rye grass	Forrajes	*Lolium* spp.	23	1 361.5	1 238.5	123.0
Sorgo escobero	Forrajes	*Sorghum vulgare*	35	2 576.1	1 932.1	644.0
Sorgo forrajero	Forrajes	*Sorghum vulgare*	35	31 820.7	23 020.7	8 800.0
Trigo forrajero	Forrajes	*Triticum* spp.	34	161.0	161.0	–
Triticale forrajero	Forrajes	*Triticum* spp. x *Secale cereale*	27	652.5	652.5	–
Melón	Frutales	*Cucumis melo*	35	4 130.3	4 047.3	83.0
Sandia	Frutales	*Citrullus lanatus*	35	1 148.0	1 123.5	24.5
Acelga	Hortalizas	*Beta vulgaris* var. *cicla*	29	28.8	28.8	–
Ajo	Hortalizas	*Allium sativum*	35	31.0	31.0	–
Calabacita *	Hortalizas	*Cucurbita pepo*	35	98.5	98.5	–
Calabaza *	Hortalizas	*Cucurbita pepo*	29	12.3	12.0	0.3
Cebolla	Hortalizas	*Allium cepa*	35	100.0	100.0	–
Chile verde *	Hortalizas	*Capsicum frutescens*	35	356.2	356.2	–
Cilantro	Hortalizas	*Coriandrum sativum*	35	61.3	61.3	–
Coliflor	Hortalizas	*Brassica oleracea*	30	5.0	5.0	–

Cuadro 1. Continuación.

Cultivo	Grupo	Nombre científico	Frecuencia[**]	Superficie sembrada (ha)		
				Total	Riego	Temporal
Pepino	Hortalizas	*Cucumis sativus*	28	32.4	32.4	–
Tomate rojo	Hortalizas	*Solanum lycopersicum*	35	849.5	849.5	–
Tomate verde *	Hortalizas	*Physalis ixocarpa*	24	153.0	153.0	–
Zanahoria	Hortalizas	*Daucus carota*	34	15.0	15.0	–
Algodón *	Industriales	*Gossypium hirsutum*	35	15 967.5	15 967.5	–
Ejote *	Legumbres	*Phaseolus vulgaris*	11	120.0	120.0	–
Papa	Tubérculos	*Solanum tuberosum*	35	472.0	472.0	–
Subtotal				**147 385.3**	**100 370.8**	**47 014.5**
Perennes						
Alfalfa	Forrajes	*Medicago sativa*	35	23 187.4	23 187.4	–
Nopal forrajero *	Forrajes	*Opuntia* spp.	18	14 231.8	–	14 231.8
Pastos	Forrajes	–	34	60 817.0	10 826.3	49 990.8
Aceituna	Frutales	*Olea europaea*	2	15.0	15.0	–
Ciruela	Frutales	*Prunus domestica*	35	33.0	33.0	–
Dátil	Frutales	*Phoenix dactylifera*	32	15.0	15.0	–
Durazno	Frutales	*Prunus persica*	35	128.0	88.0	40.0
Granada	Frutales	*Punica granatum*	35	25.0	25.0	–
Manzana	Frutales	*Malus domestica*	35	5 763.0	4 413.0	1 350.0
Membrillo	Frutales	*Cydonia oblonga*	35	3.0	3.0	–
Nuez *	Frutales	*Carya illinoensis*	35	16 356.7	15 368.7	988.0
Uva	Frutales	*Vitis vinifera*	35	305.5	305.5	–
		Subtotal		**120 880.4**	**54 279.9**	**66 600.5**
Total				**268 265.7**	**154 650.7**	**113 615.0**

[**] Frecuencia de siembras como cultivo en el periodo 1980-2014.
* Variedades derivadas o mejoradas de especies nativas o domesticadas en México.
Fuente: elaboración propia con datos de SAGARPA y SIAP 2014.

de maíces nativos y documentaron la localización geográfica, las condiciones de producción, los usos y la importancia en los sistemas agrícolas.

En esta obra se señala la presencia de siete grupos raciales de maíz: Celaya, Cónico Norteño, Elotes Cónicos, Olotillo, Ratón, Tuxpeño Norteño y Tuxpeño. Con base en la frecuencia de las muestras, las razas más importantes son: Cónico Norteño (21.1%), Ratón (26.7%) y Tuxpeño Norteño (20%). También se encontraron 10

combinaciones o formas intermedias entre razas en 21 poblaciones (23%) que, aunadas a los grupos raciales, representan la diversidad genética del maíz.

Importancia de los recursos genéticos vegetales

Tradicionalmente los agricultores desarrollan y conservan poblaciones o variedades locales, a partir de especies endémicas o introducidas que han sido adaptadas a las condiciones locales. Estas poblaciones son desarrolladas a través de múltiples ciclos de selección empírica, al usar como criterios forma, madurez, color, sabor o cualquier otro atributo que satisfaga las necesidades de alimentación, de otros usos tradicionales como plantas medicinales y forrajeras, o bien, de utilidad industrial, de construcción y energía.

De acuerdo con la FAO (2009), los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura corresponden a cualquier tipo de material genético de origen vegetal con valor real o potencial para dichas actividades. Estos recursos genéticos vegetales son un componente importante de la biodiversidad, e incluyen: 1) variedades cultivadas actuales y mejoradas, 2) variedades antiguas, 3) variedades primitivas o locales "tradicionales", 4) malezas y especies silvestres parientes de plantas cultivadas y 5) fuente de genes especializados (líneas élite y mutaciones genéticas; FAO 2001).

El estudio, aprovechamiento y conservación de los recursos genéticos de plantas cultivadas en México se realiza por diversas instituciones, y ha sido de un constante interés por parte de la comunidad científica, debido a su aportación en el desarrollo de variedades mejoradas y su potencial uso en la investigación (Cervantes 1978, Ortega *et al.* 1991). Sin embargo, la información específica sobre las actividades de investigación y conservación del germoplasma en las instituciones no es de fácil acceso, debido en parte a la ausencia de un sistema de documentación y de vinculación eficiente entre las instituciones.

En un intento por documentar las colecciones de germoplasma en México, Rincón y Hernández (2000) reportan 68 336 accesiones –muestras de semillas diferenciables e identificables de manera única, que representan un cultivar– conservadas en bancos de germoplasma o colecciones de semillas. Además documentan de manera general las actividades relacionadas con las colecciones de campo y las existentes en jardines botánicos, como variantes de la conservación *ex situ* de germoplasma.

Por su parte, Córdova y Molina (2006) reportan un total de 207 014 accesiones de diferentes especies conservadas por diversas instituciones en el país. Las accesiones están depositadas en diferentes modalidades de conservación *ex situ*: colecciones de semillas (107 213), colecciones de campo (60 847), colecciones *in vitro* (19 769) y colecciones en jardines botánicos (19 185).

La importancia de los recursos genéticos de plantas cultivadas en México se manifiesta en la siembra de los cultivos destinados a la producción agrícola. En 2014 en Coahuila se sembraron cerca de 268 300 ha (1.21% nacional) con más de 46 variantes de cultivos (34 anuales y 12 perennes; cuadro 1): cereales (5), forrajes (14), frutales (11), hortalizas (13), industriales (1), legumbres (1) y tubérculos (1).

De las 46 variantes de cultivos, 28 se siembran de manera regular (1980-2014) y, por lo tanto, son los cultivos de interés agrícola en los ciclos de riego y temporal. Las siembras de temporal o secano representan 42.4%; de éstas, 28.5% corresponden a maíz, frijol y manzana, y el resto son, básicamente, de cultivos forrajeros como pastos diversos, nopal, sorgo y avena forrajera. Con excepción de la nuez, el trigo, el maíz, la manzana, el melón y el sorgo, las siembras de riego se realizan principalmente para la

producción de forraje (alfalfa, sorgo forrajero, maíz forrajero, avena forrajera y pastos) y algodón, con 15 968 hectáreas. Del total de los cultivos, ocho son derivados o mejorados de especies nativas o domesticadas en México, de las cuales seis se siembran de manera regular, de acuerdo a las estadísticas de producción durante el periodo 1980-2014 (cuadro 1).

Conclusión

La importancia de los recursos genéticos de plantas cultivadas en Coahuila se manifiesta por la siembra de 26 especies de cultivos anuales y 11 de cultivos perennes. No se encontró evidencia documental de estudios de diversidad e inventario de cultivos de uso agrícola, particularmente de especies nativas de uso tradicional, por lo que se hace evidente la necesidad de realizar dichos estudios para asegurar la sustentabilidad en el aprovechamiento de la agro-biodiversidad presente en el estado.

Por otro lado, las condiciones de clima prevalecientes en Coahuila y la vulnerabilidad de las especies frente a los efectos del cambio climático, justifican estudios de colecta, inventario y diversidad, particularmente de las especies nativas de uso tradicional, para definir esquemas de conservación y aprovechamiento de la amplia variedad vegetal.

Referencias

Aguirre M., V.J., F. Rincón S., R. Ramírez S. *et al.* 2011. *Modelo para la conservación de maíces criollos en el sureste de Coahuila, México.* V.J. Aguirre Moreno. Coahuila, México.

CDB. Convenio sobre la Diversidad Biológica. 1992. Convenio sobre la Diversidad Biológica. En: <*http://www.cbd.int/doc/legal/cbd-es.pdf*>, última consulta: octubre de 2014.

Cervantes S., T. 1978. *Análisis de los recursos genéticos disponibles a México.* Sociedad Mexicana de Fitogenética, A.C. (SOMEFI). Chapingo, México.

Córdova T., L. y J.C. Molina M. 2006. Conservación *ex situ*. En: *Recursos fitogenéticos de México para la alimentación y la agricultura: informe nacional 2006.* J.C. Molina M. y L. Córdova T. (eds.). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) y SOMEFI, pp. 67-108.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2001. Glossary of biotechnology for food and agriculture. A revised and augmented edition of the Glossary of biotechnology and genetic engineering. *FAO Research and Technology Paper 9.* Roma, Italia.

——. 2009. *Tratado internacional sobre los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura.* FAO. Roma, Italia.

FAO y PAR. Food and Agriculture Organization of the United Nations and Platform for Agrobiodiversity Research. 2011. *Biodiversity for food and agriculture. Contributing to food security and sustainability in a changing world.* FAO. Roma, Italia.

Ford-Lloyd, B. y M. Jackson. 1986. *Plant genetic resources: and introduction to their conservation and use.* Edward Arnold, Reino Unido.

Gepts, P. 2004. Crop domestication as a long-term selection experiment. *Plant Breeding Reviews* 24(Part 2):1-44.

Harlan, J.R. 1971. Agricultural origins: centers and noncenters. *Science* 174:468-474.

——. 1992. *Crops and Man.* 2ª edición. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America. Madison, EUA.

Hernández-Xolocotzi, E. 1993. Aspects of plant domestication in Mexico: a personal view. En: *Biological diversity of Mexico. Origins and distribution.* T.P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot *et al.* (eds.). Oxford University Press, Nueva York, EUA, pp. 733-753.

Ortega, P.R., G. Palomino H., F. Castillo G. *et al.* (eds.). 1991. *Avance en el estudio de los recursos fitogenéticos de México.* SOMEFI. Chapingo, México.

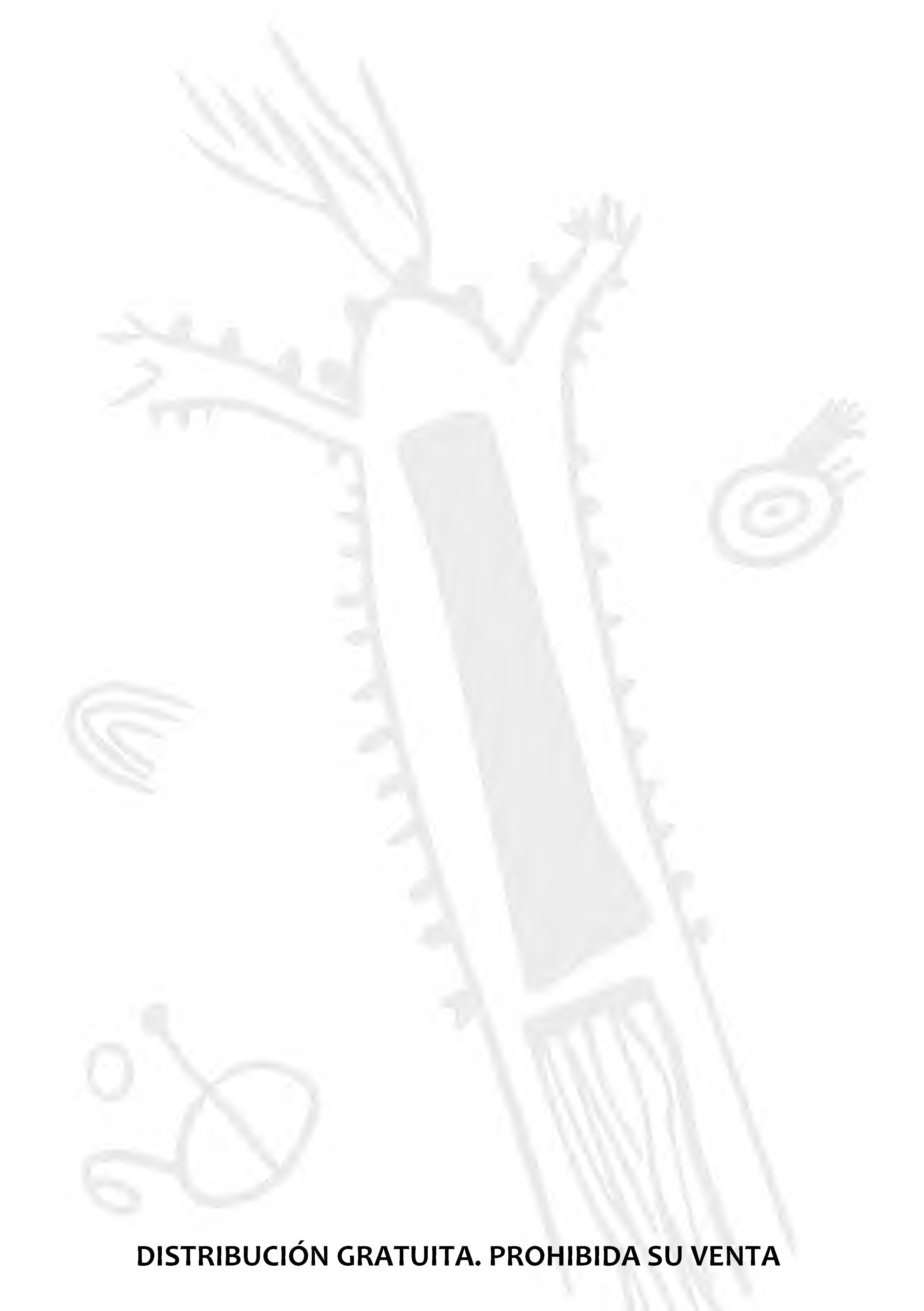
Piñero, D. 2008. La diversidad genética como instrumento para la conservación y el aprovechamiento de la biodiversidad: estudios en especies mexicanas. En: *Capital natural de México.* Vol. I. *Conocimiento actual de la biodiversidad.* CONABIO, México, pp. 437-494.

Rincón S., F. y J.M. Hernández C. 2000. Conservación de recursos fitogenéticos en México. En: *Recursos fitogenéticos en México para la alimentación y la agricultura, informe nacional.* P. Ramírez V., R. Ortega P., A. López H. *et al.* (eds.). SNICS/SOMEFI, Chapingo, México, pp. 51-68.

Rincón S., F., C.J. Hernández P., F. Zamora C. y J.M. Hernández C. 2010. Recolección de maíces nativos de Coahuila 2008. En: *Diversidad y distribución de los maíces nativos en Coahuila, México.* F. Rincón S., F. Castillo G. y N.A. Ruiz T. (eds.). SOMEFI. Chapingo, México, pp. 4-12.

Rodríguez A., S. 2014. *Plantas cultivadas en comunidades de la sierra de Arteaga, Coahuila, México*. Tesis de licenciatura. UAAAN, Coahuila.

SAGARPA y SIAP. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, y Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2014. Producción agrícola anual. En: <*http://www.siap.gob.mx/*>, última consulta: 8 de marzo de 2016.



Diversidad de los maíces nativos

Froylán Rincón Sánchez y Norma Angélica Ruiz Torres

Introducción

El maíz (*Zea mays*) es un cultivo nativo de México y presenta la mayor diversidad genética, expresada por los diversos grupos raciales adaptados a las diferentes condiciones ecológicas, razón por la cual se reconoce al país como el centro de origen y diversificación de esta especie (Kato *et al.* 2009).

Se cultiva en la mayoría de los estados y en una amplia gama de condiciones climáticas, desde el nivel del mar hasta altitudes que rebasan los 2 500 msnm. En Coahuila se han recolectado poblaciones nativas de maíz en 23 de los 38 municipios, desde los 248 msnm en el municipio de Jiménez, hasta los 2557 msnm en Mesa de las Tablas, Arteaga (Rincón *et al.* 2010b).

En gran parte de las siembras de temporal se usan materiales adaptados o poblaciones nativas, desarrollados por los agricultores a través de múltiples ciclos o generaciones de selección empírica. Herrera *et al.* (2002) señalan que 76.5% de los productores de maíz utilizan semilla nativa, la cual seleccionan de su cosecha. Sin embargo, en regiones con agricultura campesina típica, el uso de semilla nativa varía de 80 a 100%.

En un estudio sobre la situación actual del maíz en el sureste de Coahuila, se encontró que 88.5% de los agricultores reservan parte de su producción para usarla como semilla para siembra en el siguiente ciclo de cultivo (Aguirre *et al.* 2011).

Importancia del maíz

En México se siembran en promedio 8.2 millones de hectáreas de maíz para grano (periodo 1980-2014), de las cuales 84.7% corresponden a siembras de temporal o secano, con un rendimiento promedio nacional estimado de 2.32 t/ha (SAGARPA y SIAP 2014). En Coahuila se siembran en promedio 41 786 ha (periodo 1980-2014), con una media de rendimiento estimado de 1.36 t/ha, de las cuales 68.3% se realiza en condiciones de temporal.

En 2014 se sembraron 32 537 ha de maíz para grano, de las cuales, tan sólo en el sureste del estado –municipios de Arteaga, General Cepeda, Parras, Ramos Arizpe y Saltillo–, se sembraron 28 247 ha (86.8%) y de éstas, 93.3% se sembró en temporal, y se alcanzó un rendimien-

Rincón-Sánchez, F. y N.A. Ruiz Torres. 2018. Diversidad de los maíces nativos. En: *La biodiversidad en Coahuila. Estudio de Estado*, vol. II. CONABIO/Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza, México, pp. 499-507.

to promedio estimado de 0.84 t/ha (SAGARPA y SIAP 2014).

En los sistemas agrícolas tradicionales, particularmente en las siembras de temporal, el cultivo del maíz juega un papel importante, ya que gran parte se utiliza en la alimentación humana, principalmente en forma de elote y tortillas, así como fuente de forraje para la producción pecuaria. Las siembras en el resto del estado involucran el uso de poblaciones adaptadas a las condiciones particulares de producción, lo que confiere una amplia diversidad genética a lo largo de Coahuila (Rincón *et al.* 2010a).

Diversidad genética de los maíces nativos

Los primeros trabajos de recolección sistemática de los maíces nativos en México se realizaron en la década de los cuarenta del siglo pasado, lo cual fue la base para la publicación del documento *Razas de maíz en México* (Wellhausen *et al.* 1951), donde se describieron las primeras 25 razas de maíz. A partir de esos trabajos, la recolección y estudio de la diversidad del maíz se ha realizado por diversas instituciones, de tal manera que en la actualidad se reconocen 59 razas de maíz descritas en México (Mera 2009).

Los diversos trabajos de exploración y recolección de maíces en Coahuila indican la presencia de poblaciones representativas de las razas Tuxpeño (Wellhausen *et al.* 1951); Ratón y Tuxpeño Norteño (Ortega 1985); Celaya, Cónico Norteño, Elotes Cónicos, Olotillo, Ratón, Tuxpeño y Tuxpeño Norteño (Rincón *et al.* 2010a).

En esta contribución se reportan los resultados de un análisis de la diversidad genética del maíz de Coahuila, en el cual se consideró la información descriptiva de 159 poblaciones nativas recolectadas: 43 en 2003 y 26 en 2010, como parte de los trabajos de investigación sobre el estudio de la diversidad y el potencial genético de los maíces en el sureste del estado, y 90 poblaciones obtenidas de diferentes localidades en la entidad durante 2008, como parte de un proyecto de ámbito nacional, denominado Conocimiento de la Diversidad y Distribución Actual del Maíz Nativo y sus Parientes Silvestres en México (Rincón *et al.* 2010b).

Adicionalmente se incluyó la información de 85 poblaciones conservadas por el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), con el fin de documentar los grupos raciales presentes, así como ubicar en un mapa la diversidad genética del maíz en Coahuila.

En la descripción de las poblaciones nativas, se usó como referencia la clasificación racial utilizada por Wellhausen *et al.* (1951), es decir, la clasificación de distintas razas que se refiere a un grupo de individuos con características en común, que permite su divergencia como grupo.

Además se utilizó la información de los caracteres cuantitativos y cualitativos de la mazorca y grano de 10 mazorcas representativas de cada población, con base en los descriptores para maíz (CIMMYT e IBPGR 1991), lo que permitió identificar nueve complejos raciales (agrupaciones formadas por distintas razas), con base en la clasificación primaria o frecuencia mayor de una raza en la población: Celaya, Cónico, Cónico Norteño, Elotes Cónicos, Elotes Occidentales, Olotillo, Ratón, Tuxpeño y Tuxpeño Norteño (cuadro 1).

De los nueve complejos raciales identificados, los de mayor importancia por la frecuencia y adaptación en Coahuila son: Cónico Norteño, Ratón, Tuxpeño y Tuxpeño Norteño. De estos grupos, la raza Ratón es un tipo de maíz de ciclo corto, posiblemente con infiltración de la raza Tuxpeño, adaptada a las condiciones del noreste de México; similarmente, la raza Tuxpeño Norteño es un material de ciclo intermedio, que tiene sus orígenes en la raza Tuxpeño.

Cuadro 1. Complejos raciales de maíces nativos y número de poblaciones representativas.

Complejo racial	Poblaciones	Proporción
Celaya	7	2.9
Cónico	2	0.8
Cónico Norteño	52	21.3
Elotes Cónicos	3	1.2
Elotes Occidentales	2	0.8
Olotillo	9	3.7
Ratón	50	20.5
Tuxpeño	49	20.1
Tuxpeño Norteño	36	14.8
Sin clasificar	34	13.9
Total	**244**	**100.0**

Fuente: elaboración propia.

Las coordenadas geográficas del sitio de colecta y la clasificación racial de las poblaciones permitieron elaborar el mapa de distribución de los maíces nativos en el estado (figura 1). Este mapa de distribución, además de la clasificación racial primaria, muestra las combinaciones entre razas, lo cual indica que la diversidad del maíz no es una expresión discreta; por el contrario, obedece a las razas y sus interrelaciones.

En el estudio de la diversidad del maíz de Coahuila (Rincón *et al.* 2010c), se encontró un continuo de variación entre las poblaciones de las razas Ratón, Tuxpeño y Tuxpeño Norteño (forma de mazorca cilíndrica), adaptadas a condiciones ecológicas por debajo de los 1 800 msnm. También se encontró una variación amplia entre las poblaciones de los tipos cónicos, adaptados a las áreas de transición y altura (superior a 1 800 msnm; figura 2).

Las condiciones ambientales de las diferentes regiones, el intercambio de semilla entre agricultores y la adaptación de las poblaciones nativas o criollas son factores que determinan la diversidad actual del maíz. Por lo tanto, esta diversidad se puede explicar por las diferencias entre los tipos raciales, variantes dentro de raza y variantes intermedias entre razas desarrolladas por los agricultores en México.

Los grupos raciales y las poblaciones representativas se ordenan en grupos de acuerdo a la altitud del sitio de colecta (cuadro 2). Hay 15 combinaciones o formas intermedias entre complejos raciales, que en conjunto refieren la diversidad genética del maíz.

Las formas intermedias en la expresión de las poblaciones de maíz son el resultado de las combinaciones genéticas entre grupos raciales y la adaptación específica, causada por la forma tradicional de intercambio de semillas entre los agricultores dentro y entre comunidades (Herrera *et al.* 2002, Rincón *et al.* 2010a, Aguirre *et al.* 2011), lo cual explica que las razas adaptadas a las áreas de transición y altura se localicen en baja frecuencia en las partes bajas y viceversa (cuadro 2).

El estudio y conocimiento de la diversidad del maíz puede contribuir al desarrollo de estrategias para la conservación y el aprovechamiento

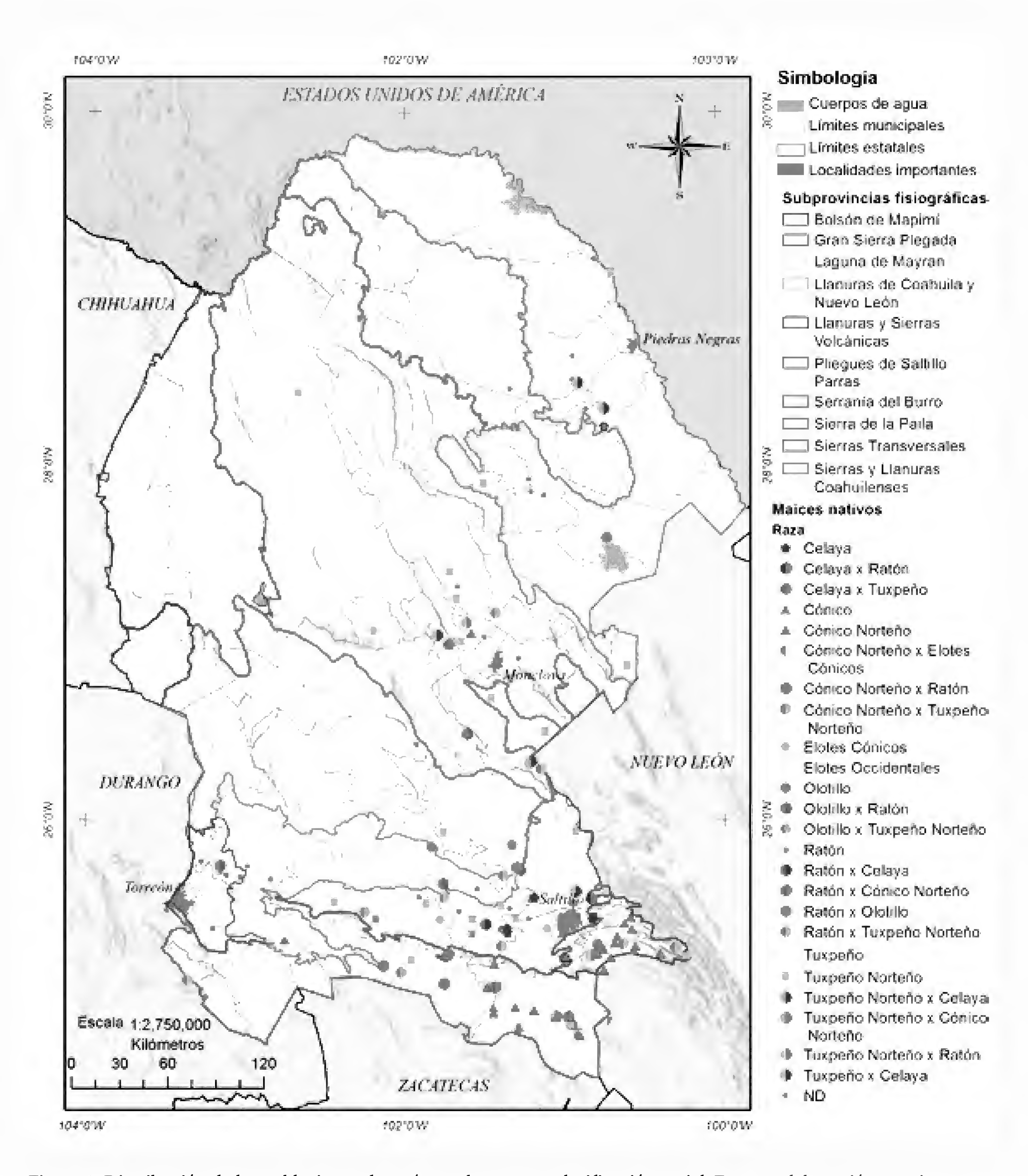


Figura 1. Distribución de las poblaciones de maíz con base en su clasificación racial. Fuente: elaboración propia.

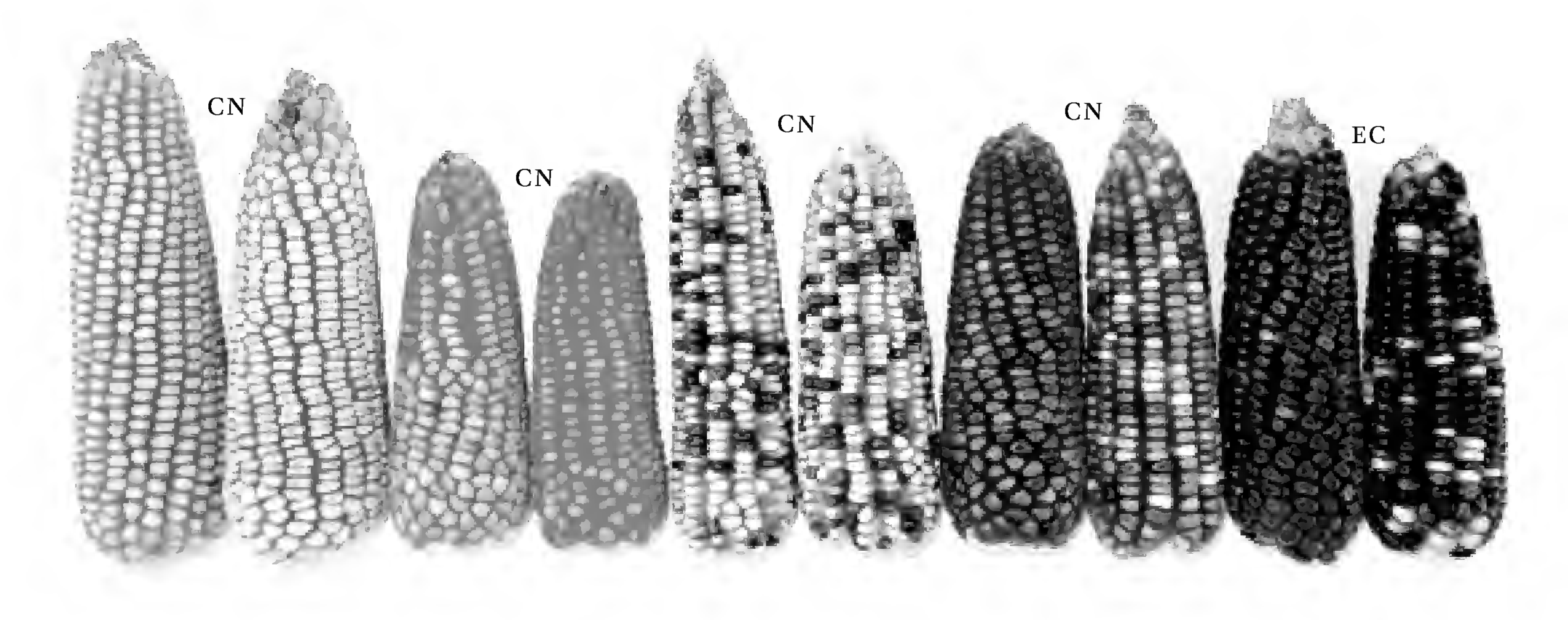
por medio de programas de mejoramiento genético. Rincón y Ruiz (2010) utilizaron 33 poblaciones de maíz del sureste de Coahuila en combinación con seis variedades mejoradas que usaron como probadores. Se identificaron ocho poblaciones, por su capacidad de formar combinaciones útiles para iniciar un programa de selección en condiciones de temporal.

También la evaluación agronómica de poblaciones de maíz de Coahuila permitió identificar siete poblaciones con adaptación específica a dos localidades representativas de las condiciones ambientales del sureste de la entidad, y seis con un comportamiento estable a través de distintos ambientes (Nájera *et al.* 2010).

Estrategias para la conservación de la diversidad genética

En los sistemas agrícolas tradicionales, donde la producción de maíz depende sobre todo de la

a



b

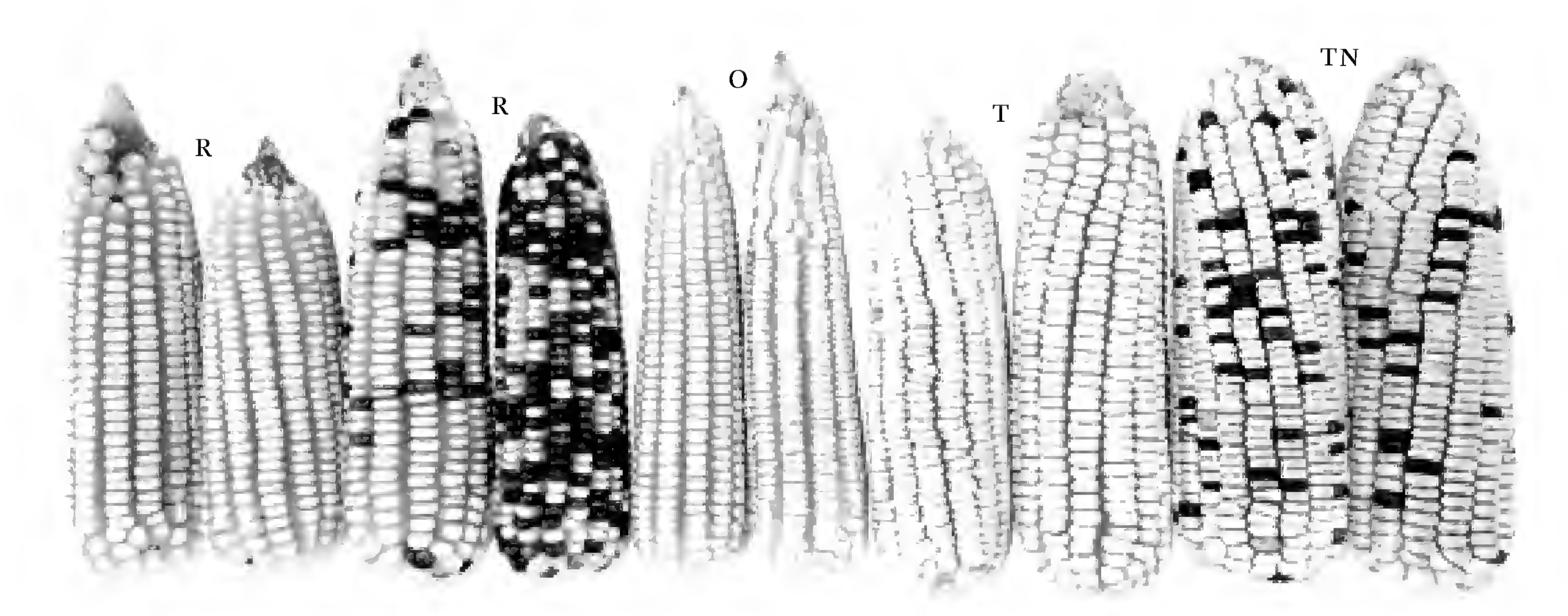


Figura 2. Patrones de variación genética del maíz: a) Complejo mazorca cónica y b) complejo mazorca cilíndrica. Razas: CN: Cónico Norteño, EC: Elotes Cónicos, O: Olotillo, R: Ratón, T: Tuxpeño y TN: Tuxpeño Norteño. Fotos: Froylán Rincón Sánchez.

Cuadro 2. Clasificación racial y número de poblaciones por grupo con base en la altitud del sitio de colecta.

Clasificación racial	Grupos (altitud, en msnm)				Total
	Bajo (< 1 000)	Intermedio (1 001 – 1 800)	Transición (1 801 – 2 000)	Altura (> 2 001)	
Celaya	1	4	–	–	5
Celaya × Ratón *	–	1	–	–	1
Celaya × Tuxpeño	1	–	–	–	1
Cónico	–	2	–	–	2
Cónico Norteño	1	3	9	29	42
Cónico Norteño × Elotes Cónicos	–	1	–	1	2
Cónico Norteño × Ratón	–	1	2	1	4
Cónico Norteño × Tuxpeño Norteño	–	1	–	3	4
Elotes Cónicos	–	1	1	1	3
Elotes Occidentales	–	2	–	–	2
ND	32	2	–	–	34
Olotillo	1	3	–	–	4
Olotillo × Ratón	–	4	–	–	4
Olotillo × Tuxpeño Norteño	–	1	–	–	1
Ratón	7	27	3	–	37
Ratón × Celaya	–	1	–	–	1
Ratón × Cónico Norteño	–	2	–	1	3
Ratón × Olotillo	1	1	–	–	2
Ratón × Tuxpeño Norteño	2	5	–	–	7
Tuxpeño	36	10	–	–	46
Tuxpeño × Celaya	2	1	–	–	3
Tuxpeño Norteño	11	16	1	1	29
Tuxpeño Norteño × Celaya	1	1	–	–	2
Tuxpeño Norteño × Cónico Norteño	–	1	1	1	3
Tuxpeño Norteño × Ratón	1	1	–	–	2
Total	**97**	**92**	**17**	**38**	**244**

* El símbolo "×" entre dos grupos raciales indica algún grado de combinación o forma intermedia entre ambos.
ND : sin clasificar.
Fuente: elaboración propia.

época de lluvias, las siembras se realizan comúnmente con poblaciones nativas o criollas, variedades y poblaciones sintéticas.

Por otro lado, en los materiales de maíz adaptados a estas condiciones, es posible identificar genotipos con atributos como la tolerancia al estrés por agua y fertilizantes, resistencia a plagas y enfermedades, además de la amplia adaptación y capacidad para amortiguar la variación en las condiciones ambientales. Además, en los sistemas de agricultura tradicional, la producción de maíz se realiza para cumplir con diversos objetivos como la producción de grano, forraje y algunos atributos de calidad y usos especiales.

Estos sistemas agrícolas son, por lo general, de baja productividad, debido –entre otros factores– a las circunstancias socioeconómicas, falta de asistencia técnica, dependencia de las condiciones del temporal, así como la ocurrencia de fenómenos climáticos como heladas y sequía recurrente (Aguirre *et al.* 2011).

A partir de los estudios de diversidad y las interrelaciones entre los complejos raciales con poblaciones locales, se pueden definir subgrupos de poblaciones en una proporción aceptable que represente la diversidad del maíz. Éstos pueden considerarse en un programa de selección y conservación participativa de la variación del maíz por regiones ecológicas.

Eyzaguirre e Iwanaga (1996) proponen el mejoramiento participativo como una estrategia para conservar la diversidad genética y, al mismo tiempo, implementar esquemas de selección dentro de las poblaciones locales. La aplicación de esquemas participativos para el manejo y conservación de la diversidad del maíz es una variante dentro de la estrategia general de conservación del germoplasma vegetal *in situ*, particularmente la relacionada a los cultivos agrícolas.

Un esquema de selección y conservación participativa puede desarrollarse al conjuntar esfuerzos y prácticas de los agricultores con técnicas de manejo agronómico y selección de las poblaciones nativas. Por lo tanto, un esquema factible que atienda estos propósitos puede ser a través de la producción de semilla de maíz para siembra. Con un programa de esta naturaleza se puede mantener la variación de la población y realizar técnicas de selección en planta y mazorca para mejorar la productividad. También se puede modificar el sistema tradicional del agricultor, con un sistema de producción de semilla para siembra (selección masal con desespigamiento).

El sistema de desespigamiento es utilizado generalmente para la producción de semillas de variedades mejoradas e híbridos de maíz (CIMMYT 1999). En un estudio realizado en una variedad local, donde se realizó desespigamiento, Rincón y Ruiz (2004) consideran que esta estrategia puede ser implementada en sistemas agrícolas tradicionales para el mantenimiento de la variación genética de la población.

La selección masal en poblaciones obtenidas con el esquema de producción de semillas (surcos hembra desespigados y surcos macho) puede ser implementada en sistemas de agricultura tradicional para el mantenimiento de la variación genética de la población de maíz, la obtención de semilla de calidad para siembra, así como para aumentar el rendimiento (Macchi *et al.* 2010).

En este sistema de producción de semilla se propone conjuntar el esquema convencional con el método tradicional del agricultor para obtener semilla de calidad para siembra. En el sistema convencional, los surcos hembra y macho corresponden a diferentes materiales genéticos, en tanto que en esta propuesta se establece el esquema de surcos hembra –desespigados– y surcos macho dentro de la misma población, en una proporción recomendada de 4:2 surcos hembra y macho, respectivamente.

La selección se realiza dentro de los surcos desespigados en planta y posteriormente en mazorca. Además del control de la polinización –eliminar la auto-polinización–, la elección en planta y mazorca contribuirá a una mayor ganancia en la selección. Se sugiere que el agricultor defina un área específica que puede ser de 0.25 a 0.5 ha, la cual estará destinada exclusivamente para realizar la producción y selección de la semilla para siembra.

Por lo tanto, la producción y selección de semilla bajo este esquema pretende involucrar a los agricultores en un proceso participativo donde, además de obtener la semilla para siembra, se promueve el mejoramiento y conservación de la variación genética de las poblaciones de maíz.

Conclusión

En Coahuila se documentó la presencia de nueve complejos raciales de maíz, de los cuales, por la frecuencia y adaptación en las diferentes regiones, Cónico Norteño, Ratón, Tuxpeño y Tuxpeño Norteño son los de mayor relevancia.

La diversidad actual del maíz está representada por los complejos raciales, variantes dentro de razas y formas intermedias por la combinación entre razas, producto del intercambio de semilla entre los agricultores dentro y entre comunidades y la adaptación a las condiciones ambientales. A partir de las interrelaciones entre los grupos raciales, se pueden definir sub-grupos de poblaciones que representen la diversidad y, con ello, establecer un programa de selección y conservación participativa de la variación del maíz, que coadyuve a mitigar los efectos por regiones ecológicas de las causas directas de pérdida de biodiversidad, como es el caso del cambio climático.

Referencias

Aguirre M., V.J., F. Rincón S., R. Ramírez S. *et al.* 2011. *Modelo para la conservación de maíces criollos en el sureste de Coahuila, México.* Vicente Javier Aguirre Moreno, Coahuila, México.

CIMMYT. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. 1999. *Desarrollo, mantenimiento y multiplicación de semilla de variedades de polinización libre.* 2ª edición. CIMMYT, México.

CIMMYT e IBPGR. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo e International Board for Plant Genetic Resources. 1991. *Descriptores para maíz.* CIMMYT/IBPGR, Roma, Italia.

Eyzaguirre, P. y M. Iwanaga. 1996. Farmers' contribution to maintaining genetic diversity in crops, and its role within the total genetic resources system. En: *Participatory plant breeding. Proceedings of a workshop on participatory plant breeding.* P. Eyzaguirre y M. Iwanga (eds.). IPGRI, Wageningen, Holanda, pp. 9-18.

Herrera C., B.E., A. Macías L., R. Díaz R. *et al.* 2002. Uso de semilla criolla y características de mazorca para la selección de semilla de maíz en México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 25:17-23.

Kato Y., T.A., C. Mapes S., L.M. Mera O. *et al.* 2009. *Origen y diversificación del maíz: una revisión analítica.* UNAM/CONABIO, México.

Macchi L., G., F. Rincón S., N.A. Ruiz T. y F. Castillo G. 2010. Selección y mantenimiento de poblaciones. Una perspectiva para la conservación *in situ* de la diversidad genética del maíz. *Revista Fitotecnia Mexicana* 33 (No. especial 4):43-47.

Mera O., L.M. 2009. Diversificación y distribución reciente del maíz en México. En: *Origen y diversificación del maíz: una revisión analítica.* T.A. Kato Y., C. Mapes S., L.M. Mera O., J.A. Serratos H. y R.A. Bye B. (eds.). UNAM/CONABIO, México, pp. 69-82.

Nájera C., L.A., F. Rincón S., N.A. Ruíz T. y F. Castillo G. 2010. Potencial de rendimiento de poblaciones criollas de maíz de Coahuila, México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 33 (No. especial 4):31-36.

Ortega P., R. 1985. Descripción de algunas razas mexicanas de maíz poco estudiadas. En: *Variedades y razas mexicanas de maíz y su evaluación en cruzamientos con líneas de clima templado como material de partida para fitomejoramiento.* Traducción al español por el autor. Tesis de doctorado. Leningrado, Rusia.

Rincón S., F. y N.A. Ruiz T. 2004. Comparación de estrategias de selección y manejo aplicadas a una población criolla de maíz. *Revista Fitotecnia Mexicana* 27 (No. especial):33-37.

Rincón S., F. y N.A. Ruiz. T. 2010. Aptitud combinatoria y potencial de rendimiento de poblaciones criollas de maíz del sureste de Coahuila, México. En: *Mejoramiento, conservación y uso de los maíces criollos*. M.B. Nájera-Rincón y C.A. Ramírez M. (eds.). somefi/Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología de Michoacán (cecti)/ Universidad de Michoacán de San Nicolás de Hidalgo (umsnh), Morelia, pp. 12-22.

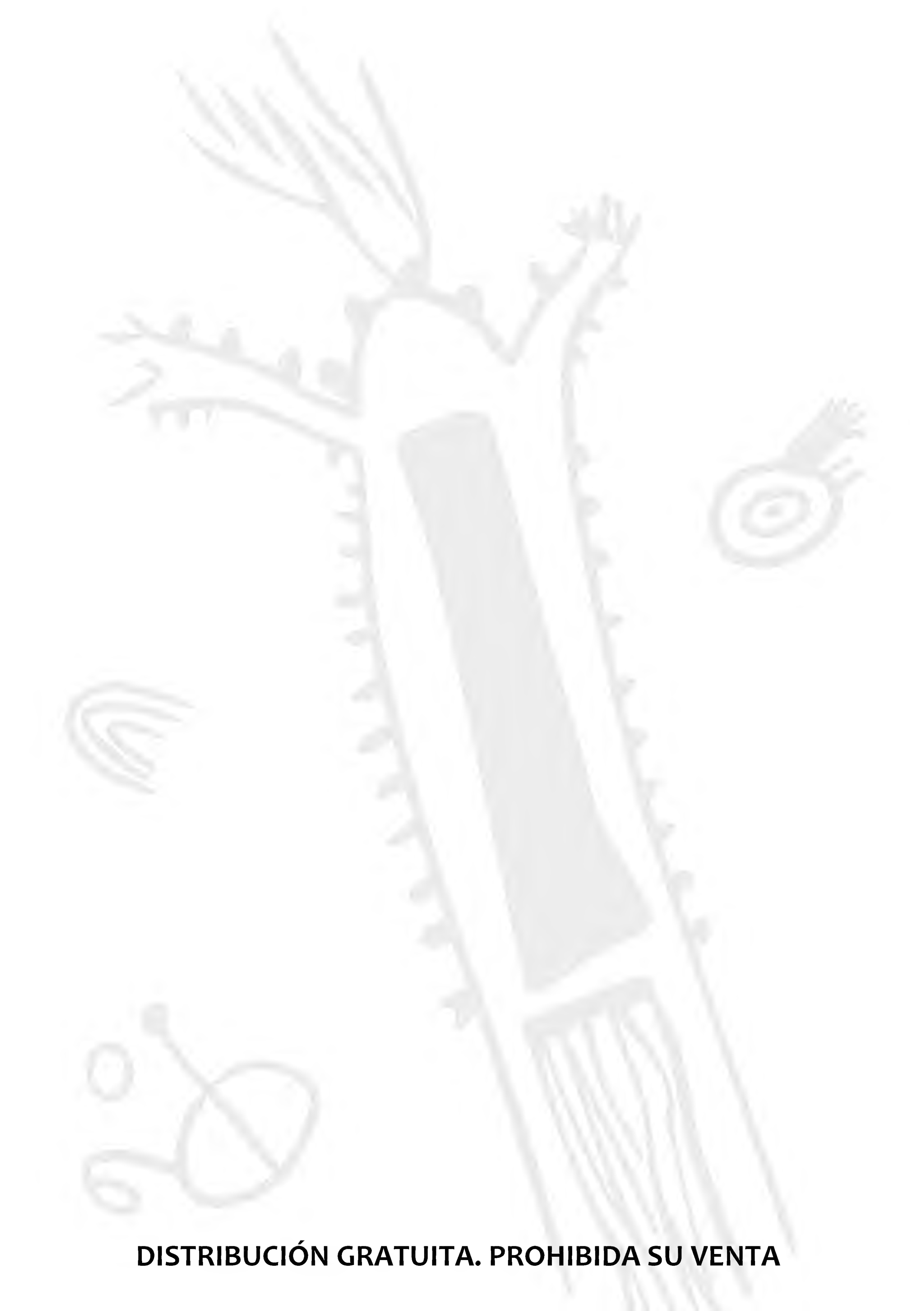
Rincón S., F., C.J. Hernández P., F. Zamora C. y J.M. Hernández C. 2010a. Recolección de maíces nativos de Coahuila. 2008. En: *Diversidad y distribución de los maíces nativos en Coahuila, México*. F. Rincón S., F. Castillo G. y N.A. Ruiz T. (eds.). somefi, Chapingo, México, pp. 4-12.

Rincón S., F., F. Castillo G. y N.A. Ruiz T. 2010b. *Diversidad y distribución de los maíces nativos en Coahuila, México*. somefi, Chapingo, México.

Rincón S., F., F. Castillo G., N.A. Ruiz T. *et al.* 2010c. Diversidad de los maíces nativos de Coahuila con base en caracteres de la mazorca. En: *Diversidad y distribución de los maíces nativos en Coahuila, México*. F. Rincón S., F. Castillo G. y N.A. Ruiz T. (eds.). somefi, Chapingo, México, pp. 13-25.

sagarpa y siap. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación y Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2014. Producción agrícola anual. En: <*http://www.siap.gob.mx/*>, última consulta: 8 de marzo de 2016.

Wellhausen, E.J., L.M. Roberts, E. Hernández X. y P.C. Mangelsdorf. 1951. *Razas de maíz en México. Su origen, características y distribución*. Folleto Técnico No. 5. Oficina de Estudios Especiales. Secretaría de Agricultura y Ganadería, México.



Diversidad genética de la fauna

Javier Banda Leal, David Lazcano Villarreal y Susana Favela Lara

Introducción

La variación está presente de alguna forma en las poblaciones naturales de todos los organismos. En este capítulo se proporciona una visión sobre los enfoques conceptuales de la diversidad genética, los factores que influyen en la diversidad y diferenciación genética y la importancia de evaluar la variación en las especies de fauna de Coahuila, que posee una gran biodiversidad y elevado número de endemismos, muchos de ellos en riesgo por distintos factores como la degradación y perdida de hábitat causados por la intervención humana.

La diversidad genética puede definirse como la totalidad de las características genéticas dentro de cada especie, y éstas no siempre son idénticas en todos los individuos. Se pueden presentar variaciones a nivel de población o individuales, lo que le da a la especie mayores oportunidades para adaptarse, evolucionar y sobrevivir a cambios y perturbaciones ambientales. Estas variaciones genéticas se dan por modificaciones en la estructura del ADN del cual están constituidos los genes (Frankham *et al.* 2004).

El cambio en el medio ambiente es un proceso continuo que siempre ha existido, pero a partir de la aparición del ser humano se ha acelerado dramáticamente, al grado de que muchas especies no han podido adaptarse lo suficientemente rápido y se extinguieron. Es por esto que, para poder adaptarse y soportar los cambios en su medio, las especies necesitan ser genéticamente diversas, y dado que los recursos naturales son indispensables para la supervivencia de la humanidad, la diversidad genética de las especies se vuelve un tema prioritario.

La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) reconoce la necesidad de resguardar la diversidad genética como una de sus tres prioridades globales de conservación (Frankham *et al.* 2004).

Existen técnicas moleculares que son muy útiles para evaluar la diversidad genética a nivel de ADN, como los microsatélites y la secuenciación del ADN (cuadro 1); esta última es la manera más directa de medir la diversidad genética y la estructura de una población.

Banda-Leal, J., D. Lazcano y S. Favela Lara. 2018. Diversidad genética de la fauna. En: *La biodiversidad en Coahuila. Estudio de Estado*, vol. II. CONABIO/Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza, México, pp. 509-516.

Cuadro 1. Técnicas moleculares útiles para evaluar la diversidad genética de los organismos.

Técnica	Descripción	Fuente
Microsatélites	Son pequeñas cadenas de ADN que se repiten en sitios particulares del genoma y que no codifican información, es decir, no están sujetos a variación, por lo que son bastante fiables y brindan información referente a la estructura genética de la población. Se utilizan para estimar la diversidad genética y estructura de una población	González 2003
Minisatélites	Son secuencias de ADN que se encuentran en el genoma de todos los eucariotas. Se repiten en todo el genoma y generan un "código de barras" que es único para cada individuo. Se utilizan para resolver diversas cuestiones relacionadas con la conservación de la diversidad genómica, como la detección de cuellos de botella, medida del flujo genético e hibridación entre poblaciones	Lowe *et al.* 2004
Secuenciación de ADN	Se utiliza ADN mitocondrial o nuclear que se procesa en secuenciadores. Generalmente se usa para propósitos taxonómicos y relaciones filogenéticas de los individuos, especies o grupos de especies	Lowe *et al.* 2004

Mecanismos de variación genética

Los cambios pueden ocurrir por recombinación de la información genética, como en la reproducción sexual, o por modificaciones accidentales durante la replicación del genoma; a este cambio azaroso se le conoce como mutación. Estas mutaciones en algunas ocasiones son neutrales, es decir, no afectan la supervivencia del individuo en absoluto, pero en otras pueden ser perjudiciales por alterar de manera negativa su desempeño en el medio ambiente y promover su desaparición.

Sin embargo también hay mutaciones benéficas que ayudan a la supervivencia del individuo, que al reproducirse heredará esta característica mejorada a su descendencia y ésta a la siguiente generación.

Si la descendencia ha acumulado otras características benéficas, también las heredarán sus descendientes y harán cada vez más eficaz a la especie en términos de supervivencia, ya que habrá más "variaciones" adaptadas a ambientes específicos y con mayor probabilidad de soportar cambios en el ambiente. Estas variaciones en biología son conocidas como ecotipos, es decir, poblaciones adaptadas a las condiciones locales propias (Smith y Smith 2007).

Otro tipo de variación lo constituyen las razas geográficas o subespecies, que son grupos de individuos que, además de mantener las características de la especie, tienen sus propias particularidades morfológicas con las cuales se asemejan entre sí, pero se distinguen de otra u otras subespecies, además de tener una distribución geográfica definida. Dado que pertenecen a la misma especie, individuos de subespecies diferentes pueden reproducirse entre sí y tener descendencia fértil; a estos nuevos individuos se les conoce como "intergrados", lo que aumenta aún más la variación específica.

Cuando este evento ocurre, se da en los límites geográficos de la distribución de las subespecies en cuestión, y a esta área de contacto se le llama "zona de intergradación" (Ashlock 1991).

Otro evento que puede ocurrir es que alguna o algunas subespecies, o incluso poblaciones no tan diferenciadas, queden aisladas geográficamente del resto y sigan su propio camino evolutivo, y varían individualmente hasta que, con el tiempo, llegan a ser tan diferentes a la especie original que forman una especie distinta, es decir, ocurre un evento de especiación.

Algunas veces esas especies estrechamente emparentadas hacen contacto y se reproducen exitosamente entre sí, y dan origen a un híbrido que forma una tercera especie, que con el tiempo generará sus propias variaciones (Reeder *et al.* 2002). Éste es, a grandes rasgos, el mecanismo de la selección natural que eventualmente hace posible la evolución de la vida y genera la gran diversidad de especies del mundo, es decir, la biodiversidad.

Características de la variación genética

La variación genética tiene tres componentes: 1) diversidad genética (cantidad de variación genética), 2) diferenciación genética (distribución de la variación genética entre las poblaciones), y 3) distancia genética (cantidad de variación genética entre pares de poblaciones; Frankham *et al.* 2004).

Para que una población pueda considerarse genéticamente sana debe contar con un número de individuos que le permita ser lo suficientemente diversa genéticamente para adaptarse y evolucionar como respuesta a cambios en su medio ambiente; asimismo debe poder mantener la capacidad de acumular nuevas mutaciones que permitan la continuidad de las variaciones (Frankham *et al.* 2004).

Algunos puntos críticos para la conservación de las especies son:

- Destrucción y pérdida del hábitat.
- Sobreexplotación (comercial o recreacional).
- Contaminación (pesticidas, metales pesados, etc.).
- Introducción de especies exóticas.
- Combinación de dos o más factores.

Todos estos aspectos pueden contribuir sustancialmente a la pérdida de la diversidad genética de las especies.

La ausencia de variación genética en las poblaciones puede resultar en la incapacidad para adaptarse o responder a cambios o perturbaciones en el ambiente, lo que al final puede llevar a la extinción de la especie. Por ello, es de suma importancia enfocarse en evaluar la diversidad genética en las distintas poblaciones, para conocer realmente qué especies o poblaciones son más propensas a sufrir un proceso de extinción, y concentrar en ellas los esfuerzos de conservación.

Esto conllevaría cambios profundos en las normas y leyes de protección al medio ambiente, lo que seguramente aumentaría de forma considerable los listados de especies para proteger y podría también influir en la manera de administrar las áreas naturales protegidas e, incluso, fomentar la creación de nuevas áreas.

Variabilidad genética de las especies en Coahuila

Aunque en la actualidad la variabilidad genética de las especies de fauna silvestre en el estado es poco conocida, se sabe que procesos evolutivos como selección natural, mutación, deriva genética y flujo genético son inherentes a la vida. El número de especies estudiadas bajo esta premisa es pequeño, pero da una idea de los procesos

evolutivos que suceden y de todo lo que aún falta por descubrir.

Un claro ejemplo de ello es la mojarra sol de Cuatro Ciénegas (*Lempomis megalotis*). Aunque no es endémica del área, se ha demostrado que las poblaciones del valle son altamente divergentes con respecto a las del exterior y que evolucionaron a partir de poblaciones externas; más aún, las poblaciones del valle se han diversificado en distintos linajes genéticos, pero desgraciadamente, con la canalización del agua para el riego, se corre el riesgo de que peces del exterior invadan el área, lo cual comprometería los linajes del valle (Coghill *et al.* 2013).

Otro ejemplo donde se evidencia la importancia de la diversidad genética para la supervivencia de las especies es la tortuga del Bolsón de Mapimí (*Gopherus flavomarginatus*), que actualmente enfrenta graves problemas por la presión tanto del medio ambiente como de la intervención humana. La variación genética entre sus poblaciones es prácticamente nula, su número se ha reducido un 50% en las últimas tres generaciones y, aunado a esto, no todas las colonias son reproductoras, lo que supone un grave riesgo para la especie, que enfrenta una crisis genética (Ureña-Aranda y Espinosa 2012).

Sin embargo, no todas las especies están en la misma situación. El oso negro americano (*Ursus americanus*) a mediados del siglo XX sufrió una dramática disminución en el número y tamaño de sus poblaciones, por la fragmentación del hábitat y perturbaciones antropogénicas; a pesar de ello, logró recuperarse gracias a la protección de las leyes mexicanas y al cambio de actitud de la gente.

En años recientes ha incrementado y expandido sus poblaciones hacia áreas de distribución histórica y, en general, presenta una variabilidad genética alta, mientras que en Coahuila ésta va de baja a alta (Juárez-Casillas *et al.* 2013), por lo que cualquier plan estatal de conservación debe tomar en cuenta sus niveles de diversidad genética.

En Coahuila existen 22 especies endémicas de vertebrados (Flores-Villela y Gerez 1994), y un gran número de éstas se distribuyen en Cuatro Ciénegas (Minckley 1969, Marsh 1984). A nivel estatal la fauna ha sido estudiada por varios investigadores, por ejemplo: peces, por Contreras-Balderas (1985); listas potenciales de anfibios y reptiles, por Schmidt y Owens (1944) y Fugler y Webb (1956); las aves han sido estudiadas por Urban (1959) y Ely (1962); y finalmente los mamíferos, que fueron estudiados por Baker (1956).

Entre más individuos existen de una especie, mayor es su distribución geográfica y, por lo tanto, también aumenta su variabilidad genética. Un buen ejemplo de ello es la serpiente de cascabel diamantada (*Crotalus atrox*, figura 1), sin lugar a dudas una de las víboras con mayor rango de distribución; es además la más grande del suroeste de los Estados Unidos y de México, pues es posible que alcance más de dos metros de largo.

Se le puede encontrar en gran parte del territorio de Coahuila, a excepción de las partes montañosas más altas, ya que es una especie que prefiere zonas áridas y semiáridas. Presenta un patrón de coloración muy variable, y aunque se han tratado de reconocer dos o más subespecies, esto no se ha demostrado, por lo que se le considera una especie monotípica con una alta variación (Lemos-Espinal y Smith 2007).

Otra especie interesante es la cascabel ornamentada de cola negra (*Crotalus ornatus*), que puede encontrarse en ambientes desérticos y de montaña. Se distribuye desde el centro de Texas hasta Coahuila y Nuevo León; anteriormente era considerada como parte de la distribución de la cascabel de cola negra (*C. molossus*; Anderson y Greenbaum 2012). Aunque no se han realizado estudios sobre su distribución y su variabilidad genética en Coahuila, al ser diferenciada como una especie aparte, tiene potencial para estudios de este tipo.

Por otra parte, la cascabel de cola negra (*C. molossus*) se encuentra en áreas de montaña como bosques de encino y pino (Campbell *et al.* 2004) y posee dos subespecies, una de las cuales se encuentra en Coahuila (*C. molossus nigrescens*; figura 2).

La lagartija sin orejas (*Cophosaurus texanus*) también presenta dos subespecies que sólo se distinguen por algunas diferencias de coloración y ligeros cambios en las escamas del área del fémur. Ambas subespecies están presentes en Coahuila: *C. texanus scitulus* (figura 3) que abarca la mayoría del estado, y *C. texanus texanus,*[1] que se restringe a la porción noreste (Lemos-Espinal y Smith 2007).

Como ya se mencionó anteriormente, cuando una población se aísla del resto, puede seguir un camino evolutivo independiente y originar una especie distinta. Esto pasa en el valle de Cuatro Ciénegas, ubicado en la porción central del estado, que cuenta con más especies endémicas que cualquier otro lugar en Norteamérica (Stein *et al.* 2000). Esta área rodeada de montañas actúa como una isla biogeográfica que ha aislado poblaciones de distintas especies durante miles de años, lo que ha resultado en especies que sólo se encuentran ahí.

Tal es el caso de algunos tipos de peces, de los cuales es posible citar varios ejemplos, como la mojarra de Cuatro Ciénegas (*Herichthys minckleyi*), las sardinitas de Cuatro Ciénegas (*Cyprinella xanthicara* y *Lucania interioris*), los cachorritos de Cuatro Ciénegas (*Cyprinodon atrorus* y *C. bifaciatus*), el guayacón de Cuatro Ciénegas (*Gambusia longispinis*), el platy de Cuatro Ciénegas (*Xiphophorus gordoni*) y el dardo de Cuatro Ciénegas (*Etheostoma lugoi*), todos ellos endémicos de este valle (Contreras-Balderas 1985).

Existen más endemismos en la zona; varias especies de reptiles sólo se localizan



Figura 1. Cascabel diamantada (*Crotalus atrox*). Foto: Manuel Nevárez de los Reyes.



Figura 2. Cascabel de cola negra (*C. molossus nigrescens*). Foto: Javier Banda Leal.



Figura 3. Lagartija sin orejas (*Cophosaurs texanus scitulus*). Foto: Eric Centenero Alcalá/Banco de Imágenes conabio.

[1] Estas subespecies no se reportan en el apéndice de reptiles en esta obra.



Figura 4. Lagartija escorpión de Lugo (*Gerrhonotus lugoi*). Foto: Luis Canseco Márquez/Banco de Imágenes CONABIO.



Figura 5. Tortuga de orejas rojas de Cuatro Ciénegas (*Trachemys taylori*). Foto: Manuel Salazar González.



Figura 6. Tortuga de bisagra de Cuatro Ciénegas (*Terrapene coahuila*). Foto: Alejandro Boneta/Banco de Imágenes CONABIO.

en este increíble lugar, como la lagartija escorpión de Lugo (*Gerrhonotus lugoi*; McCoy 1970; figura 4), la recientemente descrita *Scincella kikaapoa* (García-Vázquez *et al.* 2010), la tortuga de orejas rojas de Cuatro Ciénegas (*Trachemys taylori*; figura 5), la tortuga de concha blanda de Cuatro Ciénegas (*Apalone spinifera atra*) –de la cual existe controversia sobre si realmente es una subespecie válida, ya que la evidencia molecular para separarla de la subespecie *emory* es débil (McGaugh *et al.* 2008)– y la mundialmente famosa tortuga de bisagra de Cuatro Ciénegas (*Terrapene coahuila*; figura 6).

Ésta última se distingue de las demás especies del género *Terrapene* no por la habilidad de encerrarse en su caparazón, característica de éste y otros géneros, sino porque es la única especie que está adaptada para vivir en ambientes acuáticos; al parecer es descendiente de un antepasado terrestre o semiterrestre y generalista, y desarrolló estas adaptaciones como mecanismo de supervivencia para aprovechar los abundantes cuerpos de agua presentes en el valle (Feldman y Parham 2002, Stephens y Wiens 2003).

Aunque Cuatro Ciénegas es un área con alto número de endemismos, no es el único lugar en Coahuila donde ocurren. El Bolsón de Mapimí, formado por una serie de cuencas endorreicas –es decir, que no llegan al mar– compartidas por Coahuila, Durango y Chihuahua, también cuenta con especies endémicas, como la tortuga del Bolsón de Mapimí (*G. flavomarginatus*; figura 7) y la lagartija de las dunas (*Uma paraphygas*; CONANP y SEMARNAT 2006).

La lagartija venerable de collar (*Crotaphytus antiquus*) es otra de las especies endémicas del estado, restringida a las sierras de San Lorenzo, Texas y Solís, en el extremo sureste de Coahuila. Hasta hace poco la lagartija espinosa de manchas azules (*Sceloporus cyanostictus*, figura 8) era conocida únicamente para el sureste y suroeste de Coahuila (Lemos-Espinal y Smith 2007), pero recientemente una población fue registrada en Nuevo León (Price *et al.* 2010).

Otra especie que habita en las inmediaciones del sureste de Coahuila y límites con Nuevo León es la lagartija menor negra (*S. oberon*, figura 9), descrita originalmente a partir de ejemplares de la sierras de Arteaga y Zapalinamé, en Coahuila (Smith y Brown 1941).

Conclusión

La variación genética es fundamental para la supervivencia de las especies, ya que entre más variación exista tendrán mayor posibilidad de adaptarse a los cambios en su medio ambiente, por lo que si se desea desarrollar proyectos de conservación de especies, es indispensable tomar en cuenta la variación genética para asegurar el éxito de dichos proyectos.

Las especies endémicas de Coahuila son prioritarias para programas de conservación, son acervos biológicos únicos en el planeta, que de perderse no se podrán recuperar jamás, por lo que es recomendable la realización de estudios de variabilidad genética de estas poblaciones, para conocer su estructura y desarrollar estrategias de conservación que aseguren a largo plazo la supervivencia de este acervo genético que no sólo es patrimonio de la nación, sino de todo el mundo.

Aunque éstas y muchas otras especies no mencionadas se encuentran bajo alguna categoría de protección por las leyes y normas del país, su diversidad genética es prácticamente desconocida, lo cual crea un gran vacío de información que impide evaluar de forma más eficiente su estatus, por lo que se reitera que el estudio de la diversidad genética de sus poblaciones es fundamental para conocer, entender y conservar dicho patrimonio como una de las prioridades en la conservación de la fauna.



Figura 7. Tortuga del Bolsón de Mapimí (*G. flavomarginatus*). Foto: Daniel Posadas.



Figura 8. Lagartija espinosa de manchas azules (*S. cyanostictus*). Foto: Javier Banda Leal.



Figura 9. Lagartija menor negra (*S. oberon*). Foto: Alejandro Huereca Delgado.

Referencias

Anderson, C.G. y E. Greenbaum. 2012. Phylogeography of northern populations of the black-tailed rattlesnake (*Crotalus molossus* Baird and Girard, 1853), with the revalidation of *C. ornatus* Hallowell, 1854. *Herpetological Monographs* 26:19-57.

Ashlock, M.E. 1991. *Principles of systematic zoology*, 2ª edición. McGraw-Hill, Inc., Nueva York.

Baker, R.H. 1956. Mammals of Coahuila, Mexico. *University of Kansas Publications, Museum of Natural History, Miscellaneous Publication* 9:125-335.

Campbell, J.A., W.W. Lamar y E.D. Brodie. 2004. *The venomous reptiles of the western hemisphere*. Comstock Publishing Associates, Ithaca, New York.

Coghill L., M., C.D. Hulsey, J. Chaves-Campos *et al.* 2013. Phylogeography and conservation genetics of a distintic lineage of sunfish in the Cuatro Cienegas valley of Mexico. *Plos One* 8:1-9.

CONANP y SEMARNAT. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas y Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2006. Programa de Conservación y Manejo. Reserva de la Biosfera Mapimí. CONANP/SEMARNAT, México.

Contreras-Balderas, S. 1985. Lista zoogeográfica y ecológica de los peces de Coahuila, México. En: *Memorias del VIII Congreso Nacional de Zoología*. Coahuila, México.

Ely, C.A. 1962. The birds of southeastern Coahuila, México. *Condor* 64:34-39.

Feldman, C.R. y J.F. Parham. 2002. Molecular phylogenetics of emydine turtles: taxonomic revision and the evolution of shell kinesis. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 22(3):388-398.

Flores-Villela, O. y P. Gerez. 1994. *Biodiversidad y conservación en México: vertebrados, vegetación y uso del suelo*. Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), México.

Frankham, R., J.D. Ballou y D.A. Briscoe. 2004. *A primer of conservation genetics*. Cambridge University Press, Cambridge.

Fugler, C.M. y R.G. Webb. 1956. Distributional notes on some reptiles and amphibians from southern and central Coahuila. *Herpetologica* 12:167-171.

García-Vázquez U.O., L. Canseco-Márquez y A. Nieto-Montes de Oca. 2010. A new species of *Scincella* (Squamata: Scincidae) from the Cuatro Cienegas basin, Coahuila, Mexico. *Copeia* (3):373-381.

González, E.G. 2003. Microsatélites: su aplicación en la conservación de la biodiversidad. *Graellsia* 59(2-3):377-388.

Juárez-Casillas, J.A., C. Varas y F.A. Cervantes. 2013. Análisis filogenético del linaje evolutivo del oso negro (*Ursus americanus*) de México. *Therya* (4)3:467-484.

Lemos-Espinal, J.A. y H.M. Smith. 2007. *Anfibios y reptiles del estado de Coahuila, México*. UNAM/CONABIO, México.

Lowe, A., S. Harris y P. Ashton. 2004. *Ecological genetics: design, analysis and application*. Blackwell Publishing, Oxford.

Marsh, P.C. 1984. Biota of Cuatro Cienegas, Coahuila, Mexico. *Journal of the Arizona-Nevada Academy of Science* (1):1-90.

McCoy, C.J. 1970. A new alligator lizard (genus *Gerrhonotus*) from the Cuatro Cienegas basin, Coahuila, Mexico. *South Western Naturalist* 15:37-44.

McGaugh, S.E., C.M. Eckerman y F.J. Janzen. 2008. Molecular phylogeography of *Apalone spinifera* (Reptilia,-Trionychidae). *Zoologica Scripta* 37(3):289-304.

Minckley, W.L. 1969. *Environment of the bolson of Cuatro Cienegas, Coahuila, Mexico*. Science Series No. 2. Texas Western Press. The University of Texas at El Paso, Texas.

Price, M.S., R.H. Christopher y D. Lazcano. 2010. Geographic distribution: *Sceloporus cyanostictus* (blue-spotted spiny lizard). *Herpetological Review* 41(1):108.

Reeder T., W., C.J. Cole y H.C. Dessauer. 2002. Phylogenetic relationships of whiptail lizards of the genus *Cnemidophorus* (Squamata: Teiidae): a test of monophyly, reevaluation of karyotypic evolution, and review of hybrid origins. *American Museum Novitates* 3365:1-61.

Schmidt, K.P. y D.W. Owens. 1944. Amphibians and reptiles of northern Coahuila, Mexico. *Museum of Natural History Zoological Series* 29(6):97-115.

Smith, H.M. y B.C. Brown. 1941. A new subspecies of *Sceloporus jarrovii* from Mexico. *Museum of Natural History Zoological Series* 24(23):253-257.

Smith, T.M. y Smith R.L. 2007. *Ecología*. 6ª edición. Pearson Educación, Madrid.

Stein, B.A., S.K. Lynn y J.S. Adams. 2000. *Precious heritage: the status of biodiversity in the United States*. Oxford University Press, Oxford.

Stephens, P.R. y J.J. Wiens. 2003. Ecological diversification and phylogeny of emydid turtles. *Biological Journal of the Linnean Society* 79:557-610.

Ureña-Aranda C.A. y A. Espinosa. 2012. The genetic crisis of the mexican bolson tortoise (*Gopherus flavomarginatus*: Testudinidae). *Amphibia-Reptilia* 33(2012):45-53.

Urban, E.K. 1959. Birds from Coahuila, Mexico. *University of Kansas Publications, Museum of Natural History, Miscellaneous Publication* 11:443-516.

Genética de la conservación del gorrión altiplanero (*Spizella wortheni*), especie en peligro de extinción

Ricardo Canales del Castillo y José Ignacio González Rojas

Descripción

El gorrión altiplanero (*Spizella wortheni*) es un ave pequeña, de color grisáceo, sin grandes marcas distintivas (figura 1) y, como indica su nombre, es endémica del Altiplano Mexicano.

Esta especie sólo realiza movimientos a nivel regional y local entre las temporadas reproductiva e invernal, y habita en áreas semi-desérticas con una combinación de pastizal y matorral (Rising 1996, Canales-del-Castillo *et al.* 2010a).

Históricamente se distribuyó en Puebla, Tamaulipas, Zacatecas, Veracruz, Chihuahua, San Luís Potosí, Nuevo León y Coahuila (Wege *et al.* 1993). Sin embargo, en los últimos 30 años sólo se han tenido registros en una pequeña área entre Nuevo León y Coahuila, con una estimación de su tamaño poblacional mínimo de 100 individuos adultos para el 2006 (Birdlife 2017).

Su drástica disminución poblacional se debe muy probablemente a la reducción y fragmentación de su hábitat por la conversión de los pastizales a zonas agrícolas. Esta situación ha hecho que se considere como especie en peligro de extinción por las leyes mexicanas y los organismos internacionales de conservación (SEMARNAT 2010, Birdlife 2017).

Puntos críticos para su conservación

Debido a la crisis de conservación que presenta esta especie, es necesario abordar, bajo la perspectiva de la genética de la conservación, dos



Figura 1. Gorrión altiplanero macho adulto en el ejido La Carbonera, Galeana, Nuevo León. Foto: Ricardo Canales-del-Castillo. 2007.

Canales-del-Castillo, R. y J.I. González-Rojas. 2018. Genética de la conservación del gorrión altiplanero (*Spizella wortheni*), especie en peligro de extinción. En: *La biodiversidad en Coahuila. Estudio de Estado*, vol. II. CONABIO/Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza, México, pp. 517-520.

puntos fundamentales de su biología: su sistemática y su diversidad genética. La primera se refiere a determinar la relación evolutiva que guarda con otras especies, y la segunda, a estimar la variabilidad genética existente en sus poblaciones.

A pesar de ser considerada como una especie por la American Ornithologists' Union (AOU 1998), algunos autores la han considerado como una subespecie debido a su gran parecido con el gorrión pusila (*S. pusilla).* Bajo esta perspectiva taxonómica, sus esfuerzos de conservación podrían ser demeritados (para una revisión, ver Canales-del-Castillo *et al.* 2010b), por lo que estudios detallados en la sistemática de esta especie son muy importantes.

Por su parte, la estimación de la diversidad genética es crucial para la especie, ya que permite evaluar el riesgo de extinción que presenta. Dado su pequeño tamaño poblacional y el apareamiento entre congéneres, se esperaría que su diversidad genética se viera reducida. La combinación entre una baja variabilidad genética y los cambios ambientales puede afectar la capacidad de adaptación y comprometer su viabilidad, lo que pone en riesgo la supervivencia de esta especie.

Evaluación de la diversidad genética de *S. wortheni*

Recientemente tres trabajos abordaron estos aspectos fundamentales para la conservación de la especie, en ellos se utilizó una aproximación molecular, de tal manera que, a través del análisis del ADN, fue posible reconstruir los eventos evolutivos, como son la especiación y los factores poblacionales, que pudieron haber tenido lugar en el pasado.

A través del análisis filogenético con las secuencias de seis genes del ADN mitocondrial del género *Spizella*, se pudo determinar que la divergencia de esta especie con su ancestro más reciente comenzó hace aproximadamente 2.7 millones de años. Además, sorprendentemente, *S. wortheni* está más relacionada con *S. breweri* que con *S. pusilla* (Canales-del-Castillo *et al.* 2010b, figura 2). Este resultado indica una vez más que, dentro de los gorriones de pastizal, las similitudes morfológicas pueden ser explicadas como convergencias adaptativas a los ambientes similares donde se distribuyen (DaCosta *et al.* 2009).

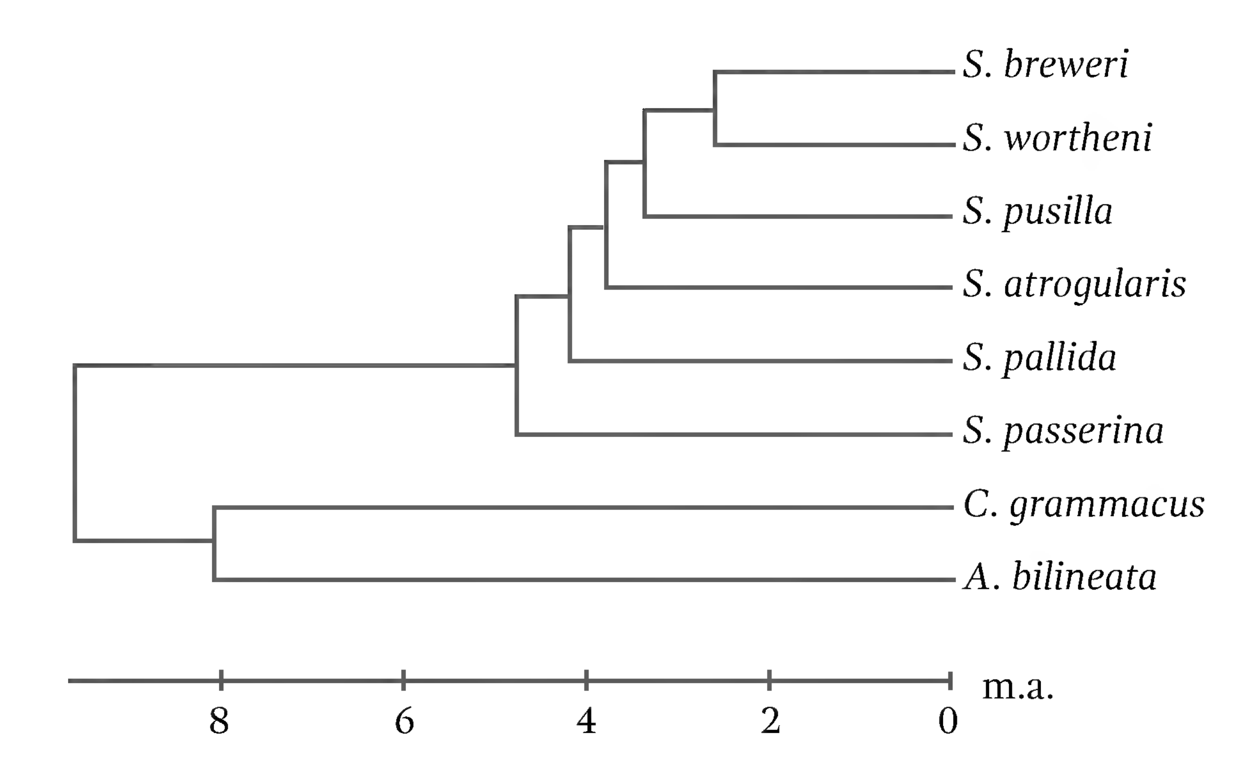


Figura 2. Cladograma de la relación filogenética del género *Spizella* a través de la inclusión de seis *loci* mitocondriales. Se muestra en millones de años (m.a.) los tiempos de divergencia entre los clados. Fuente: elaboración propia; para mayor información sobre el análisis, consultar Canales-del-Castillo *et al.* 2010b.

La estimación de la diversidad genética se evaluó mediante dos metodologías, una basada en el ADN nuclear y otra en el mitocondrial. En ambos casos las poblaciones muestreadas correspondieron principalmente al área de mayor presencia de la especie, entre los municipios de Galeana –al suroeste de Nuevo León–, Saltillo –al sureste de Coahuila– y en localidades al norte de San Luis Potosí. El análisis del ADN nuclear, realizado mediante microsatélites, reveló que la diversidad genética es alta, sin encontrarse estructura poblacional, pero sí un flujo genético entre poblaciones (Canales-Delgadillo *et al.* 2012).

Debido a que los patrones de diversidad genética pueden estar influenciados por factores ecológicos y características de las estrategias vitales –por ejemplo, los organismos con amplio rango de distribución geográfica y con un sistema de apareamiento basado en la poligamia presentan mayor diversidad genética–, la comparación de los niveles de diversidad entre especies cercanas con historias demográficas y estrategias vitales similares es útil para la contextualización de este parámetro (Lawrence *et al.* 2008, Leffler *et al.* 2012).

Por lo tanto, para el análisis realizado con la región control del ADN mitocondrial en *S. wortheni*, se utilizaron como referencias comparativas a *S. atrogularis*, *S. breweri* y *Amphispiza bilineata*, y se confirmó una alta diversidad genética, así como una historia demográfica estable en cuanto a su tamaño efectivo poblacional (Canales-del-Castillo 2010). Ambos trabajos concuerdan en que la disminución en el tamaño de la población aún no se ha visto reflejada en su diversidad genética, y que los movimientos regionales y locales han permitido mantener un constante flujo genético.

Conclusión

Uno de los pasos críticos en la conservación de la biodiversidad está en establecer el estatus taxonómico de las especies amenazadas, así como la identificación sin ambigüedades de la unidad de manejo, ya que estas unidades deben reflejar los linajes evolutivos distintivos. La clarificación del estatus del gorrión altiplanero como una especie sugiere que ésta merece un esfuerzo de conservación sustancial e inmediato.

De igual forma, la alta diversidad genética observada señala que los planes de conservación deben de enfocarse, por ahora, en el mantenimiento de las poblaciones y en minimizar las variaciones del tamaño de las mismas a consecuencia de la depredación y la pérdida del hábitat.

Referencias

AOU. American Ornithologists' Union. 1998. *Check-list of north american birds*. 7ª edición. American Ornithologists' Union, Washington.

Birdlife International. 2017. Species factsheet: Worthen's sparrow *Spizella wortheni*. En: <*http://www.birdlife.org/datazone/speciesfactsheet.php?id=9006*>, última consulta: 13 de junio de 2017.

Canales-del-Castillo, R. 2010. *Biología y genética de la conservación del gorrión amenazado y endémico del noreste de México: Spizella wortheni*. Tesis de doctorado. Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL), Nuevo León.

Canales-del-Castillo, R., J.I. González-Rojas, I. Ruvalcaba-Ortega y A. García-Ramírez. 2010a. New breeding localities of Worthen's sparrows in northeastern Mexico. *Journal of Field Ornithology* 81:5-12.

Canales-del-Castillo, R., J. Klicka, S. Favela y J.I. González-Rojas. 2010b. Molecular hylogenetic analysis of an endangered mexican sparrow: *Spizella wortheni*. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 57(3):1319-1322.

Canales-Delgadillo, J.C., L. Scott-Morales y J. Korb. 2012. The influence of habitat fragmentation on genetic diversity of a rare bird species that commonly faces environmental fluctuations. *Journal of Avian Biology* 43(2):168-176.

DaCosta, J.M., G.M. Spellman, P. Escalante y J. Klicka. 2009. A molecular systematic revision of two historically problematic songbird clades: *Aimophila* and *Pipilo*. *Journal of Avian Biology* 40:206-216

Lawrence, H.A., G.A. Taylor, C.D. Millar y D.M. Lambert. 2008. High mitochondrial and nuclear genetic diversity in one of the world's most endangered seabirds, the Chatham island taiko (*Pterodroma magentae*). *Conservation Genetics* 9:1293-1301.

Leffler, E.M., K. Bullaughey, D.R. Matute *et al.* 2012. Revisiting an old riddle: what determines genetic diversity levels within species? *PLoS Biology* 9:e1001388.

Rising, J.D. 1996. *A guide to the identification and natural history of the sparrows of the United States and Canada.* Academic Press, San Diego.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.

Wege, D.C., S.N.G. Howell y A.M. Sada. 1993. The distribution and status of Worthen's sparrow *Spizella wortheni*: a review. *Bird Conservation International* 3:211-220.

La lobina negra de Cuatro Ciénegas

Francisco Javier García De León

Introducción

El género *Micropterus* contiene especies de peces de gran importancia en la pesca deportiva y, por tal motivo, muchas de ellas han sido translocadas o introducidas a hábitats distintos a los de su ubicación original a nivel mundial (MacCrimmon y Robbins 1975, Johnson y Fulton 1999).

Debido a sus similitudes morfológicas y a la posibilidad de hibridación entre ellas, la taxonomía de este grupo es complicada, e históricamente la diversidad de especies se subestimó. Recientemente se han reconocido nueve de ellas (Kassler *et al.* 2002) y aún se siguen encontrado nuevas especies, sobre todo en la parte más sureña de su repartición.

La lobina negra (*Micropterus salmoides,* figura 1) históricamente se distribuía desde las cuencas de los ríos Bravo, San Fernando y Soto la Marina, en el noreste de México (Miller *et al.* 2005), hasta el sur de Quebec y Ontario, en Canadá, y el este de Florida (Kassler *et al.* 2002), mientras *M. floridanus*[1] (lobina de Florida) estaba restringida a esa península (Lee *et al.* 1980).

Desde la década de los ochenta, en el noreste de México la lobina de Florida se introdujo a varios cuerpos de agua artificiales –como la presa Vicente Guerrero en Tamaulipas– y naturales –como Cuatro Ciénegas en Coahuila–, sin previos estudios genéticos, biológicos o ecológicos (García-De León *et al.* 2002, García-De León 2007).

En ciertos lugares donde la pesca deportiva representa una derrama económica importante, las introducciones o traslocaciones continúan, a pesar de que la norma oficial mexicana NOM-010-PESC-1993 (CONAPESCA 1993) establece requisitos específicos para la importación de organismos acuáticos.

No obstante, no existen registros detallados sobre las especies de lobinas ni de la abundancia y procedencia de muchas de las introducciones



Figura 1. Lobina negra (*M. salmoides*) de la Poza de las Tortugas, Cuatro Ciénegas, Coahuila. Foto: Manuel Salazar González.

[1] Esta especie no se presenta en los apéndices de la obra.

García-De León, F.J. 2018. La lobina negra de Cuatro Ciénegas. En: *La biodiversidad en Coahuila. Estudio de Estado*, vol. II. CONABIO/Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza, México, pp. 521-526.

(Arredondo-Figueroa 1973, Contreras-Balderas y Escalante 1984). Por lo anterior, es preocupante el impacto que ocasionan tales acciones de manejo, ya que promueven la erosión y pérdida del acervo genético de las poblaciones o especies nativas, sobre todo en sitios que albergan altos endemismos, como es el caso de Cuatro Ciénegas.

Estudios genéticos en lobinas

La gran mayoría de los estudios genéticos orientados a determinar la presencia de poblaciones nativas o especies y sus híbridos se ha hecho en los Estados Unidos (García-De León *et al.* 2012). Sin embargo, para México existe un estudio en el que se determinó si las poblaciones del valle de Cuatro Ciénegas son diferentes genéticamente de las de Tamaulipas (García-De León *et al.* 2015).

En esta investigación se estimó el impacto genético de la introducción de la lobina de Florida, así como el patrón de distribución de la diversidad genética de las poblaciones dentro del valle. Para ello se obtuvieron muestras de cinco localidades en el área natural protegida de Cuatro Ciénegas, una en la cuenca del río San Fernando y ocho de los mayores tributarios de la cuenca del río Soto la Marina, en Tamaulipas. Se estudiaron marcadores bioquímicos diagnósticos para diferenciar entre lobina negra y lobina de Florida, y cinco marcadores genéticos del tipo microsatélites.

El impacto genético –introgresión– provocado por las introducciones de la lobina de Florida se estimó mediante pruebas bayesianas de asignación y coeficientes de membresía, por medio del uso de varios paquetes estadísticos especializados en análisis de datos genéticos (para una descripción detallada de los métodos, véase García-De León *et al.* 2015).

Principales hallazgos

Los datos genéticos revelaron la existencia de dos formas distintas de lobinas en el noreste de México, una en Tamaulipas y la otra en Cuatro Ciénegas.

En la figura 2 se muestran los resultados de un análisis factorial de correspondencia que resume toda la información genética aportada por las frecuencias alélicas de los diferentes marcadores usados, tanto bioquímicos como microsatélites, en una cantidad reducida en *n* vectores ortogonales e independientes entre sí. En esta figura cada individuo se representa como un punto dentro de la nube ubicada en el espacio de *n* dimensiones, que en este caso son dos.

Claramente se muestra una fuerte separación entre las lobinas de Cuatro Ciénegas y las de Tamaulipas; ambas formas tienen evidencias de hibridación con la lobina de Florida, aunque es más notorio en las lobinas de Tamaulipas, las cuales se observa que se traslapan con la de Florida, que ha sido ampliamente introducida en la presa Vicente Guerrero.

El cuadro 1 presenta los resultados de un análisis bayesiano sobre las frecuencias alélicas de marcadores bioquímicos y microsatélites en *M. salmoides*, *M. floridanus* y sus híbridos, para conocer la probabilidad de que los individuos sean correctamente asignados a un grupo biológico.

Este análisis se hizo sin distinción de la procedencia, lo que implica que cualquiera de las lobinas negras, ya sea de Cuatro Ciénegas o de Tamaulipas, muestra evidencias de hibridación con la especie introducida en el noreste de México (*M. floridanus*). En particular, la lobina de Cuatro Ciénegas (figura 2) presenta una composición genética heterogénea y distintiva que confirma los supuestos previamente mencionados sobre su identidad específica (Deacon *et al.* 1979, Williams *et al.* 1989, Miller *et al.* 2005, Jelks *et al.* 2008).

Esos mismos estudios genéticos revelaron que la lobina de Cuatro Ciénegas está conformada por un patrón geográfico de diversidad genética particular dentro del valle. Las poblaciones del lado este en las localidades de Tío Julio (tj), Charcos Prietos (cp) y Las Playitas (lp) son muy distintas genéticamente de aquellas del oeste –Garabatal (ga)–, y las lobinas del Mojarral (mo) son un grupo independiente e intermedio entre ellas (figura 3).

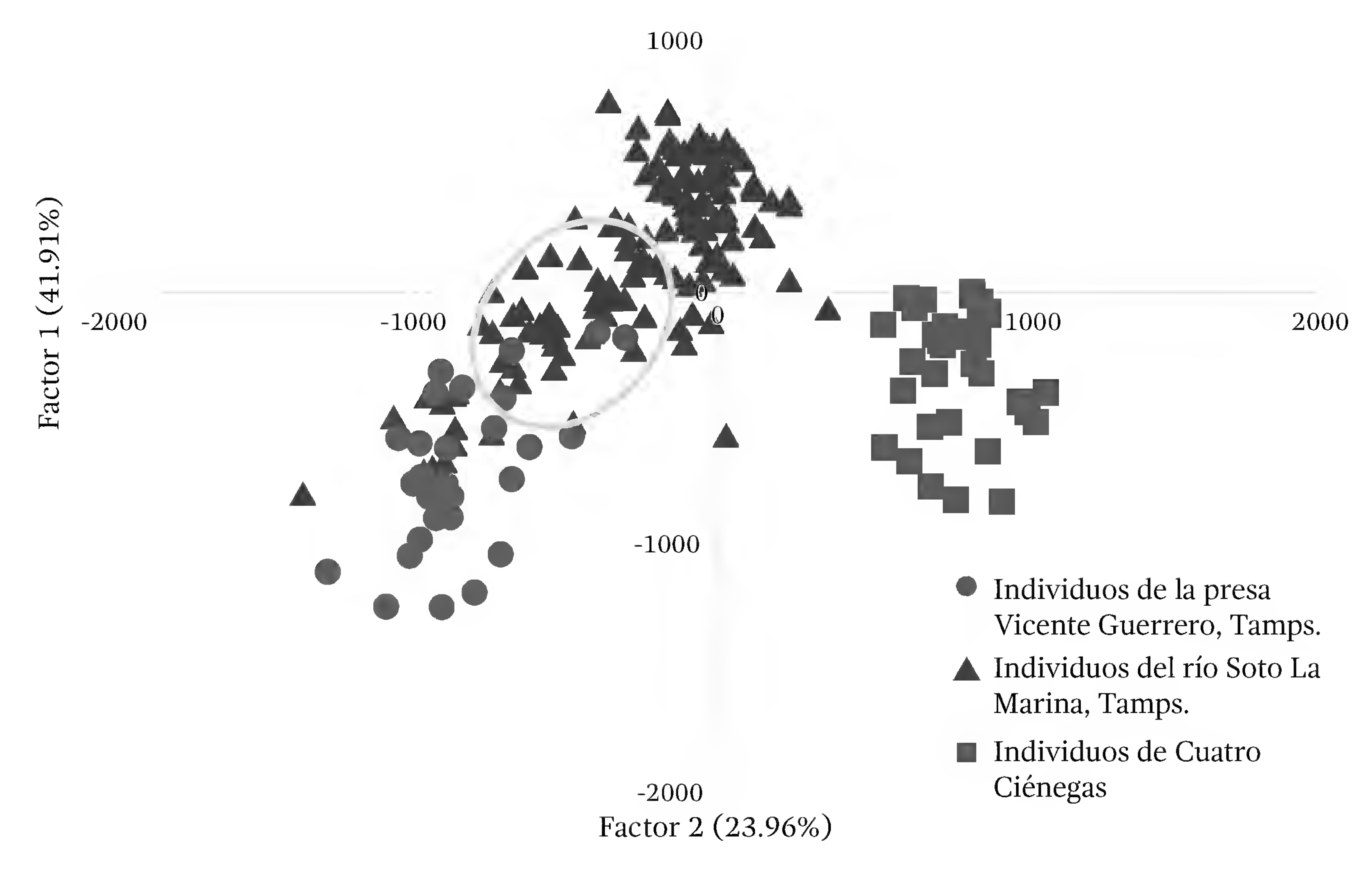


Figura 2. Análisis factorial de correspondencia (AFA) construido a partir de la variación genética de dos marcadores bioquímicos y cinco marcadores del tipo microsatélites. La elipse encierra a individuos considerados como presuntos híbridos. Fuente: García-De León *et al.* 2015.

Cuadro 1. Porcentaje de individuos asignados a las especies *Micropterus salmoides, M. floridanus* y sus presuntos híbridos, por medio del uso de: a) dos marcadores bioquímicos (AAT y IDH); b) dos marcadores bioquímicos y cinco marcadores del tipo microsatélites (RB7, MS13, MS19, MS21 y MS25).

a	Individuos correctamente asignados (%)		
	M. salmoides	Híbridos	*M. floridanus*
	n = 87.0	n = 173.0	n = 29.0
M. salmoides	100.0	0.0	0.0
Híbridos	41.0	42.0	17.0
M. floridanus	0.0	14.0	86.0
b	**Individuos correctamente asignados (%)**		
	M. salmoides	Híbridos	*M. floridanus*
	n = 87.0	n = 173.0	n = 29.0
M. salmoides	97.0	3.0	0.0
Híbridos	28.9	56.1	15.0
M. floridanus	0 .0	10.0	90.0

n= indica el número de individuos en la muestra.
Fuente: García-De León *et al.* 2015

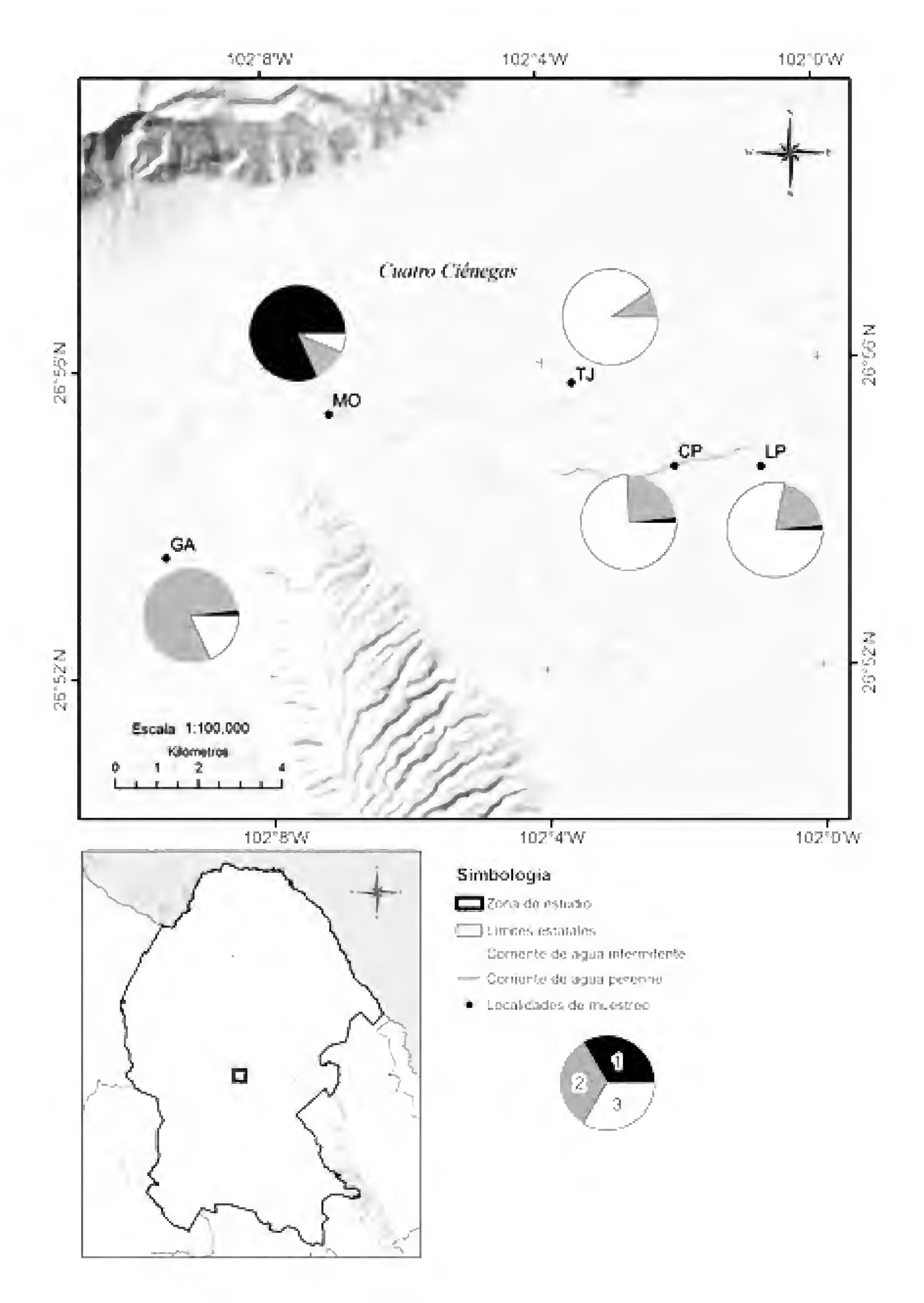


Figura 3. Patrón geográfico de la diversidad genética, determinada mediante dos marcadores bioquímicos diagnósticos y cinco marcadores del tipo microsatélitales. Se detectaron tres grupos poblacionales (k=3) mediante probabilidad bayesiana, por medio del uso del paquete STRUCTURE (Pritchard *et al.* 2000). Las gráficas pastel se construyeron con los coeficientes de membresía (probabilidad de pertenecer a un grupo poblacional determinado): 1, grupo con composición genética preferentemente de Mojarral; 2, grupo con posición genética preferentemente de Garabatal; y 3, grupo con composición genética preferentemente de Tío Julio, Charcos Prietos y Las Playitas. Fuente: elaboración propia con base en García-De León *et al.* 2015.

Este patrón de divergencia este-oeste con respecto a la sierra de San Marcos tiene un significado filogeográfico, es decir, dicha región presenta barreras físicas que impiden el flujo genético, lo cual promueve la diversidad de grupos biológicos, como lo demuestran estudios en otras especies de la misma región: peces cachorrito de Cuatro Ciénegas (*Cyprinodon* spp.; Carson y Dowling 2006), mojarra gigante (*Lepomis megalotis*; Coghill *et al.* 2013), un caracol endémico (*Mexipyrgus churinceanus*; Johnson 2005) y un camarón de agua dulce (*Palaemonetes suttkusi*; Chávez-Campos *et al.* 2011).

Lamentablemente no se conoce información sobre la biología reproductiva, alimenticia y demográfica de la lobina de Cuatro Ciénegas, por lo que es urgente la inspección de la historia de vida de esta intrigante especie.

Conclusión

Los datos genéticos de este estudio indican que la lobina negra de Cuatro Ciénegas es una especie nueva para la ciencia, y tendrá que ser descrita. Además esta especie presenta una estructura genética concordante con otros grupos biológicos previamente analizados, lo que muestra que la sierra de San Marcos, al interior del valle, ha funcionado como barrera geográfica que impide el flujo genético entre las poblaciones, y esto ha generado estructuras filogeográficas complejas en diferentes especies de peces, crustáceos y moluscos.

Por otro lado, la declaratoria de área natural protegida para Cuatro Ciénegas (sedesol 1994) representó una acción de conservación que potencialmente asegura la continuidad de la lobina de Cuatro Ciénegas y sus patrones de estructuración genética.

Sin embargo, a casi 20 años de protección, aún persisten los efectos del impacto de las introducciones de la lobina de Florida que se hicieron previamente, como se pudo demostrar en este estudio, pero también persisten los acervos genéticos puros, por lo que las directrices para la gestión dentro del área protegida deberán ir encaminadas a la exclusión de toda actividad que permita el flujo de genes entre las poblaciones que muestran patrones genéticos y filogeográficos bien definidos.

No obstante lo anterior, es indudable que la disminución del agua representa la amenaza más grave para la persistencia de la lobina y la rica biodiversidad acuática de Cuatro Ciénegas (Souza *et al.* 2006, Hendrickson *et al.* 2008).

Referencias

Arredondo-Figueroa, J. 1973. Especies acuáticas de valor alimenticio introducidas en México. Revisión bibliográfica y comunicaciones personales. Reunión Continental sobre la Ciencia y el Hombre. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (conacyt) y American Association for the Advancement of Science (aaas), México.

Carson, E.W. y T.E. Dowling. 2006. Influence of hydrogeographic history and hybridization on the distribution of genetic variation in the pupfishes *Cyprinodon atrorus* and *C. bifasciatus*. *Molecular Ecology* 15:667-679.

Chávez-Campos, J., S.G. Johnson, F.J. García-De León y C.D. Hulsey. 2011. Phylogeography, genetic structure and gene flow in the endemic freshwater shrimp *Palaemonetes suttkusi* from Cuatro Cienegas, Mexico. *Conservation Genetics* 12:557-567.

Coghill, L.M., C.D. Hulsey, J. Chávez-Campos *et al.* 2013. Phylogeography and conservation genetics of a distinct lineage of the *Lepomis megalotis* complex in the Cuatro Cienegas valley of Mexico. *PlosOne* 8:e77013.

conapesca. Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca. 1993. Norma Oficial Mexicana nom-010-pesc-1993. En: <*http://www.cesaem.org/descargas/NOM-010-PESC-1993.pdf*>, última consulta: 16 de noviembre de 2014.

Contreras-Balderas, S. y M. Escalante. 1984. Distribution and know impacts of exotic and transplanted fishes in México. En: *Distribution, biology and management of exotic fish*. W.R. Courtenary Jr. y J.R. Stauffer Jr. (eds.). John Hopkins University Press, pp. 102-130.

Deacon, J.E., G. Kobetich, J.D. Williams y S. Contreras-Balderas. 1979. Fishes of North America endangered, threatened or of special concern 1979. *Fisheries* (1):29-44.

García-De León, F.J. 2007. Uso del agua en la presa Vicente Guerrero, Tamaulipas. En: *Limnología de presas mexicanas*. J.L. Arredondo Figueroa, G. Díaz Zavaleta y J.T. Ponce Palafox (eds.). AGT Editor S.A., México, pp. 326-347.

García-De León, F.J., J.M. Herrera-Castillo y A. Banda-Valdez. 2002. La presa Vicente Guerrero, Tamaulipas. En: *Lagos y presas de México*. G. De la Lanza Espino y J.L. García C. (eds.). 2ª edición. AGT Editor S.A., México, pp. 504-543.

García-De León, F.J., R.I. Rodríguez-Martínez y C. Olave-Solar. 2012. Impacto genético de la introducción de la lobina de Florida sobre la lobina norteña nativa en el noreste de México. En: *Acuacultura en México*. I. de los A. Barriga Sosa, P. Ramírez y G. Barrera (eds.). Editorial Académica Española, México, pp. 557-610.

García-De León F.J., R.I. Rodríguez-Martínez y D.A. Hendrickson. 2015. Genetic analysis and conservation status of native populations of largemouth bass in northeastern Mexico. En: *Black bass diversity: multidisciplinary science for conservation*. M.D. Tringali, J.M. Long, T.W. Birdsong y M.S. Allent (eds.). American Fishery Society, Symposium 82, Maryland, pp. 635-655.

Hendrickson, D.A., J.C. Marks, A.B. Moline *et al.* 2008. Combining ecological research and conservation: a case study in Cuatro Cienegas, Mexico. En: *Aridland springs in North America: ecology and conservation*. L. Stevens y V.J. Meretsky (eds.). University of Arizona Press, Tucson, pp. 127-157.

Jelks, H.L., S.J. Walsh, N.M. Burkhead *et al.* 2008. Conservation status of imperiled North American freshwater and diadromous fishes. *Fisheries* 33:372-407.

Johnson, S.G. 2005. Age, phylogeography and population structure of the microendemic banded spring snail, *Mexipyrgus churinceanus*. *Molecular Ecology* 14:2299-2311.

Johnson, R.L. y T. Fulton. 1999. Persistence of Florida largemouth bass alleles in northern Arkansas population of largemouth bass, *Micropterus salmoides*, Lacépéde. *Ecology of Freshwater Fishes* 8:35-42.

Kassler, T.W., J.B. Koppelman, T.J. Near *et al.* 2002. Molecular and morphological analysis of the black basses: implications for taxonomy and conservation. En: *Black bass: ecology, conservation, and management*. D.P. Claussen y D.P. Philipp (eds.). American Fisheries Society, Symposium 31, Maryland, pp. 291-322.

Lee, D.S., C.R. Gilbert, C.H. Hocutt *et al.* 1980. *Atlas of north american freshwater fishes*. North Carolina State Museum of Natural History, EUA.

MacCrimmon, H.R. y W.H. Robbins. 1975. Distribution of black basses in North America. En: *Black bass biology and management*. H. Vlepper (ed.). Sport Fishing Institute, Washington, pp. 56-66.

Miller, R.R., W.L. Minckley y S.M. Norris. 2005. *Freshwater fishes of Mexico*. University of Chicago Press. Chicago, EUA.

Pritchard, J.K., M. Stephens y P. Donnelly. 2000. Inference of population structure using multilocus genotype data. *Genetics* 155:945-959.

SEDESOL. Secretaría de Desarrollo Social. 1994. Decreto de Área Natural Protegida. Área de Protección de Flora y Fauna Cuatrociénegas, Coahuila, con el carácter de área de protección con una superficie de 84 347-47-00 hectáreas, municipio del mismo nombre, Coah. Publicado el 7 de noviembre de 1994 en el Diario Oficial de la Federación (DOF). Texto vigente.

Souza, V., L. Espinosa-Asuar, A.E. Escalante *et al.* 2006. An endangered oasis of aquatic microbial biodiversity in the Chihuahuan Desert. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 103:6565-6570.

Williams, J.E., J. Johnson, D.A. Hendrickson *et al.* 1989. Fishes of North America endangered, threatened or of special concern: 1989. *Fisheries* 14:2-20.

Reflexiones y perspectivas del conocimiento de la diversidad genética

Manuel Humberto Reyes Valdés

La lectura de la presente sección confirma que Coahuila es un verdadero reservorio de diversidad biológica, con características climáticas, orográficas e históricas que promueven y permiten el endemismo. Sin embargo, salta a la vista que los estudios de diversidad genética son sumamente escasos, y la mayoría de ellos han sido realizados gracias a los esfuerzos de investigadores e instituciones fuera del estado.

La mayor parte de los estudios se han llevado a cabo en el centro y sureste de la entidad, particularmente en los municipios de Cuatro Ciénegas y Saltillo. Por ello cabe insistir en la importancia de contar con acciones coordinadas de participación interinstitucional, que permitan desarrollar estrategias para un mayor conocimiento de la diversidad genética en Coahuila.

Las nuevas tecnologías, que incluyen el uso de marcadores de ADN, han revolucionado los estudios que abordan el conocimiento de la estructura de las poblaciones –su dinámica migratoria, los procesos de formación de subespecies, la infiltración genética– y de las amenazas a su integridad. Son enfoques metodológicos que aportan aceleradamente a la esfera del conocimiento de la biota de Coahuila, a través de los cuales es deseable que, en un futuro próximo, se haga realidad una evaluación concienzuda del estado de las poblaciones de plantas, animales, hongos y bacterias.

A continuación se presenta una breve síntesis de las conclusiones que se derivan de los capítulos y estudios de caso de esta sección.

Diversidad en microorganismos

El intercambio genético, la migración y la disponibilidad de nutrientes son claves para entender la diversidad microbiana. Uno de los lugares de México mejor estudiados, desde el punto de vista microbiológico, es Cuatro Ciénegas. Los cuerpos de agua del valle que lleva su nombre, son de los pocos lugares en el mundo donde aún existen estromatolitos y oncolitos vivos.

Los hallazgos evolutivos y ecológicos en esta zona han permitido proponer un modelo de diversificación microbiana en un ambiente muy pobre en nutrientes, especialmente en lo que se refiere a la disponibilidad del fósforo. A través de un estudio metagenómico se identificaron 991 genes ribosomales distintos en los tapetes

Reyes-Valdés, M.H. 2018. Reflexiones y perspectivas del conocimiento de la diversidad genética. En: *La biodiversidad en Coahuila. Estudio de Estado*, vol. II. CONABIO/Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza, México, pp. 527-530.

microbianos de la Poza Azul, que corresponden a ocho grupos taxonómicos donde están representados todos los linajes conocidos de bacterias, lo cual apunta a una gran diversidad con características de endemismo.

Por otro lado, en el estromatolito esférico del río Mezquites, se encontró una gran diversidad de cianobacterias (véase Genómica ambiental y metagenómica para describir la diversidad microbiana en Cuatro Ciénegas, en esta misma obra). Se puntualiza que la reducción de agua en el valle es una amenaza para la diversidad microbiana, además de la afectación por parte de los residuos de las prácticas agrícolas. La pérdida de variación genética en microorganismos del valle de Cuatro Ciénegas tiene como factor clave la actividad agropecuaria, cuyos procesos deberán revisarse y cambiar a esquemas que permitan el desarrollo sostenible de la región.

Diversidad en plantas silvestres y cultivadas

Las investigaciones sobre diversidad genética en plantas son clave para su conservación. Se reportan estudios de composición química en candelilla (*Euphorbia antisyphilitica*), guayule (*Parthenium argentatum*), maguey (*Agave salmiana y A. atrovirens*),[1] nopal (*Opuntia ficus-indica*),[1] mezquite (*Prosopis* spp.) y lechuguilla (*Agave lechuguilla*; véase Diversidad genética en plantas silvestres, en esta misma obra).

En lo referente a estudios de diversidad genética propiamente dicha, se han incluido diferentes especies de cactáceas, agave reina Victoria o maguey noa (*Agave victoriae-reginae*), hojasén (*Flourensia cernua*), orégano (*Lippia* spp.) y sotol (*Dasylirion cedrosanum*). En todos los casos se ha puesto en evidencia la presencia de una gran diversidad genética.

Por lo que respecta a estudios sobre la dioecia en sotol, no se encontraron polimorfismos de ADN que puedan distinguir entre ambos sexos de esta planta. Esto implica que todavía no se tiene un medio para identificar el sexo antes de la floración, aun cuando esto sería deseable para la realización de una explotación más racional.

En general, las especies silvestres del Desierto Chihuahuense presentan niveles altos de diversidad genética, dado que tienen que sobrevivir en condiciones extremas de suelo y clima, y la mayoría tiene altos niveles de polinización cruzada.

Para el caso de las plantas cultivadas, se estima que la superficie destinada a la agricultura en el estado es de aproximadamente 2%. Además, en las comunidades rurales se realizan actividades que no forman parte de las estadísticas oficiales, como la producción de especies de uso tradicional y autoconsumo. Del total de los cultivos, las siembras de temporal representan 42.4%. El porcentaje restante, es decir, las siembras de riego, están representadas principalmente por la producción de forraje (véase Recursos genéticos de las plantas cultivadas, en esta misma obra).

La información sobre la diversidad de especies cultivadas es escasa, ya que no se encontró evidencia documental de estudios de diversidad e inventario de cultivos de uso agrícola, lo cual es particularmente notable en especies nativas de uso tradicional.

El maíz se cultiva desde hace muchas décadas en el estado. Se han recolectado poblaciones en 23 de los 38 municipios y se han identificado nueve complejos raciales, de los cuales Cónico Norteño, Ratón, Tuxpeño y Tuxpeño Norteño son los más importantes, por su frecuencia y adaptación.

Además de la clasificación racial primaria, se detectaron 15 combinaciones o formas intermedias entre complejos raciales, evidencia de que la diversidad del maíz no es una expresión discreta (véase Diversidad de los maíces nativos, en esta misma obra).

[1] Estas especies son cultivadas y no se presentan en los apéndices de la obra.

Se recomienda para esta especie la introducción de esquemas de selección y conservación participativa, para el mejoramiento y mantenimiento de los cultivares (véase Recursos genéticos de las plantas cultivadas, en esta misma obra). Tal esquema ayudaría a los habitantes de las regiones agrícolas a suplir sus necesidades alimenticias y usos tradicionales, y coadyuvaría en el mantenimiento de la diversidad genética.

Los estudios de diversidad genética en plantas cultivadas y de uso tradicional son casi ausentes en la entidad. Se propone impulsar la consecución de fondos por parte de investigadores, a través de entidades gubernamentales tales como el CONACYT y la CONABIO, así como del apoyo estatal y de las universidades, para lograr un panorama completo sobre la diversidad genética en plantas y desarrollar estrategias para su conservación y aprovechamiento.

Diversidad en fauna

En el estado existen 22 especies endémicas de vertebrados,[2] pero se conoce poco acerca de la diversidad genética dentro de los diferentes grupos.

Los siguientes factores amenazan tal variedad en las especies faunísticas: destrucción y pérdida del hábitat, sobreexplotación comercial o recreacional, contaminación con pesticidas y metales pesados, etc., y la introducción de especies exóticas; desafortunadamente, dichos factores están presentes en la entidad.

Sin embargo, también se dan fenómenos evolutivos interesantes, dadas las condiciones fisiográficas. Por ejemplo, cuando una población se aísla del resto, puede seguir un camino evolutivo independiente y originar una especie distinta (especiación por aislamiento geográfico); esto pasa en el valle de Cuatro Ciénegas, ubicado en la porción central del estado, el cual cuenta con más especies endémicas que cualquier otro lugar en Norteamérica (véase Diversidad genética de la fauna, en esta misma obra).

Es precisamente en Cuatro Ciénegas donde se realiza el estudio de diversidad genética de la lobina negra (*Micropterus salmoides*), que presenta indicios de hibridación con la lobina de Florida (*M. floridanus*), la cual se introdujo desde la década de los ochenta.

La composición genética de *M. salmoides* es heterogénea, y se deberán excluir actividades que permitan el flujo genético entre grupos en la zona, como el transporte de especímenes vivos entre pozas o la unión a través de canales entre las mismas. En todo caso, el mayor peligro para la biodiversidad de peces en esta zona es la disminución de los niveles de agua (véase La lobina negra de Cuatro Ciénegas, en esta misma obra).

Otro estudio de fauna del estado se realizó con el gorrión altiplanero (*Spizella wortheni*), y en él se muestra evidencia de alta diversidad genética y se determina la necesidad de mantener el tamaño poblacional (véase Genética de la conservación del gorrión altiplanero, en esta misma obra).

Consideraciones finales

El principal punto que surge de los temas y estudios de caso presentados en esta sección es la falta de trabajos de investigación sobre diversidad genética, tanto en especies vegetales como animales y microorganismos.

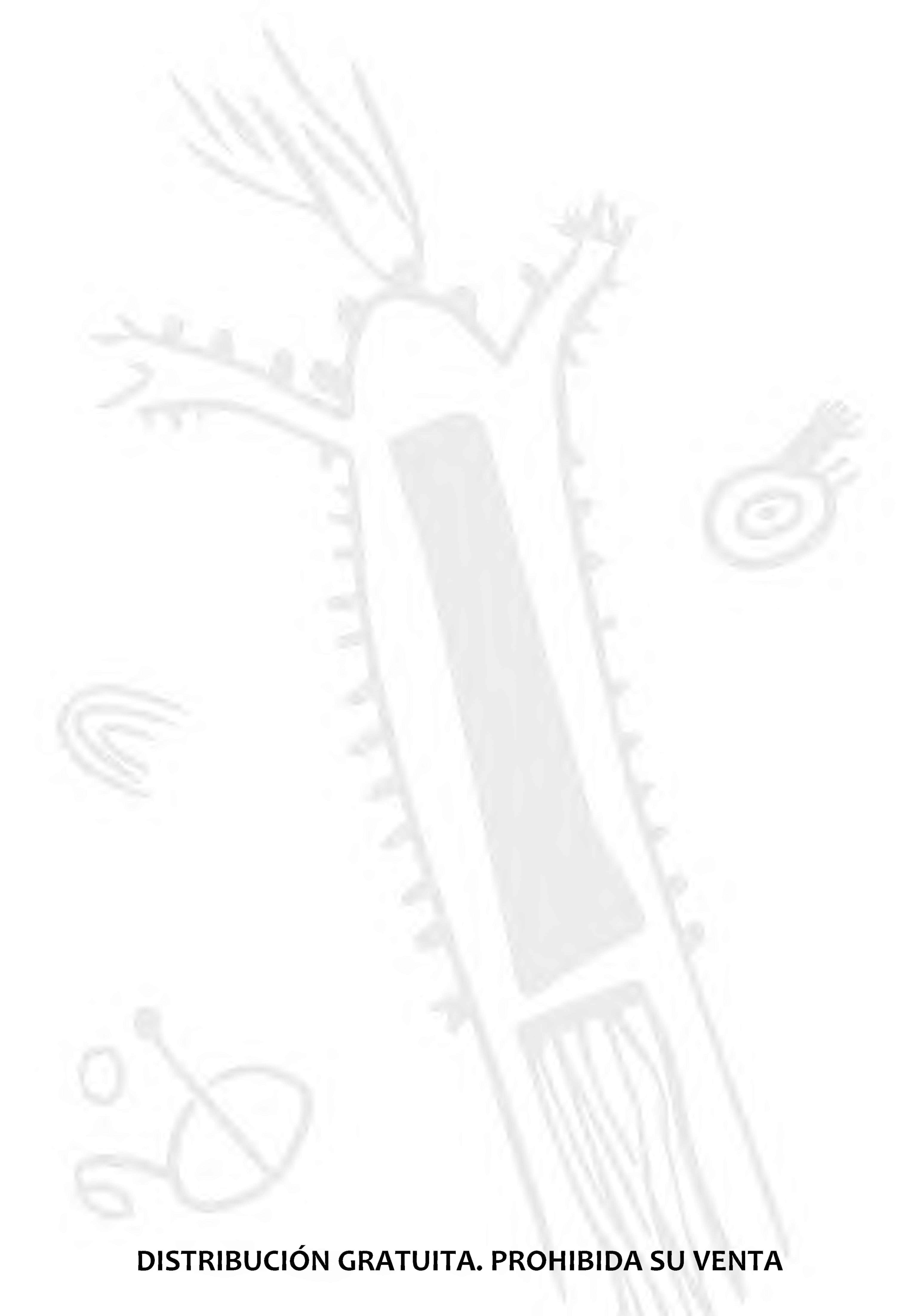
En los pocos casos documentados de pérdida de tal diversidad, aparecen las prácticas agrícolas como el factor más importante que, directa o indirectamente, causa pérdidas en los acervos genéticos y pone en riesgo a especies endémicas o de uso tradicional en la entidad.

[2] Flores-Villela , O. y P. Gerez. 1994. *Biodiversidad y conservación en México: vertebrados, vegetación y uso del suelo.* Facultad de Ciencias-UNAM, México.

Se propone un esquema donde se parta de la realización de estudios sobre diversidad genética, con el apoyo a investigadores a través de las convocatorias de diferentes organismos federales y estatales, así como el establecimiento de convenios entre universidades y centros de investigación, para la realización de proyectos conjuntos. Se sugiere que en estos trabajos participen estudiantes de educación superior, para formar nuevos cuadros que incidan en el estudio, conservación y aprovechamiento de la diversidad genética.

En este sentido, el establecimiento de un congreso estatal –de periodicidad anual o bianual– sobre diversidad genética en flora, fauna y microbiota del estado, propiciaría nuevas sinergias y políticas gubernamentales fundamentadas en el conocimiento científico.

Por lo que respecta a las prácticas agrícolas, debe darse énfasis a la sostenibilidad y, cuando se considere necesario, hacer cambios radicales en las técnicas agrícolas y las especies cultivadas, a fin de minimizar el gasto de agua y la contaminación por residuos dañinos al ambiente. Asimismo, el mejoramiento participativo y los estudios sobre usos tradicionales de plantas formarían parte de un enfoque donde la sociedad coadyuvaría al mantenimiento de la riqueza genética de las diferentes regiones de la entidad, y también a un mejoramiento del bienestar y un reforzamiento de la identidad.



Nuestros autores

Alonzo Rojo Fernando
Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED)

Antonio Bautista Adriana
Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN)
adis_anba@hotmail.com

Arias Montes Salvador
Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)
sarias@ib.unam.mx

Arroyo Cabrales Joaquín
Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH)
arromatu@hotmail.com

Banda Leal Javier
Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL)
javier_banda@hotmail.com

Bañuelos Covarrubias María Eliazer
Comision Nacional de Acuacultura y Pesca (CONAPESCA)

Barluenga Badiola Marta
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)
marta.barluenga@mncn.csic.es

Barreda Terán Laura Denisse
Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM)
denisse_barreda@yahoo.com.mx

Bauche Petersen Paola
Fondo Noroeste (FONNOR) A.C.
paola.bauche@fonnor.org
paolabauche@gmail.com

Borja Jiménez Juan Miguel
Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED)
alessandro_53@hotmail.com

Cabral Perdomo Hernando
Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF México)
hcabral@wwfmex.org

Canales del Castillo Ricardo
Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL)
ricardo.canalesdlc@uanl.edu.mx

Canales Gutiérrez Luis Eutiquio
Comisión Estatal de Aguas y Saneamiento de Coahuila (CEAS)

Cano Pineda Antonio
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)
cano.antonio@inifap.gob.mx

Cantú Ayala César Martín
Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL)
cantu.ayala.cesar@gmail.com

Cárdenas Ollivier Rafael Humberto
Protección de la Fauna Mexicana, A.C. (PROFAUNA)
cardenas@profauna.org.mx

Cardoza Martínez Gabriel Fernando
Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED)
biologo_gabriel@hotmail.com

Carranza Aguayo Marta Laura
Clúster de Energía Coahuila A.C.
mcarranza@clustercoahuila.org.mx

Carranza Pérez Miguel Agustín
Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN)
mcarper.uaaan@gmail.com

Carreón Hernández Enrique
Protección de la Fauna Mexicana, A.C. (PROFAUNA)
ecarreonhdz@yahoo.com.mx
profaunachih@yahoo.com.mx

Carrera Máynez Alejandra
Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Urbano de Coahuila (SMADU)
alejandra.carrera@sema.gob.mx

Carrillo Reyes Arturo
Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (UNICACH)
arturocarrilloreyes@gmail.com;
arturo.carrillo@unicach.mx

Castañeda Gaytán José Gamaliel
Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED)
gamaliel.cg@gmail.com; drgama@ujed.mx

Castañeda Gaytán Juan José
Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED)
gamaliel.cg@gmail.com; drgama@ujed.mx

Castro González Edna Edith
Senado de la República
ednacastrog@hotmail.com

Cepeda Valdés María Teresa
Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Urbano de Coahuila (SMADU)
maytecepeda01@hotmail.com

Contreras Balderas Armando Jesús
Investigador independiente
ajcb1951@gmail.com

Cotera Correa Mauricio
Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL)
mauricio.coteracr@uanl.edu.mx

Cruz Angón Andrea
Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)
acruz@conabio.gob.mx

Cruz Requena Marisol
Investigadora independiente
marisolcrequena@gmail.com

Cueto Mares Miriam Alejandra
Asesora independiente

De la Maza Benignos Mauricio
Pronatura, A.C.
mmaza@pronaturanoreste.org

Delgadillo Villalobos Jonás Adán
Naturaleza Sin Fronteras, A.C.
jonas.villalobos@hotmail.com

Díaz Moreno Raúl
Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED)

Eguiarte Fruns Luis Enrique
Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)

Encina Domínguez Juan Antonio
Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro (UAAAN)
jaencinad@gmail.com

Enkerlin Hoeflich Ernesto Christian
Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM)

Escobedo Sagaz José Luis
Universidad Autónoma de Coahuila (UAdeC)
lanzas_98@yahoo.com

Espinosa Martínez Deborah Veranea
Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)
dvem@ciencias.unam.mx

Espinosa Treviño Alejandro
CEMEX, S.A.B. de C.V.

Favela Lara Susana
Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL)

Favret Tondato Rita Carmen
Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN)

Flores Aguilar Severo
Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA)
severo.flores@conapesca.gob.mx

Flores López Celestino
Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN)
cele64@gmail.com

Flores Suárez Adriana Elizabeth
Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL)

Franco Flores Carlos Antonio
Senado de la República
carlos.franco@senado.gob.mx

Frausto Leyva Juan Manuel
Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza (FMCN)
juan.frausto@fmcn.org

Frey Eberhard
Staatliches Museum für Naturkunde Karlsruhe

Gadsden Esparza Héctor
Instituto de Ecología, A.C. (INECOL)
hector.gadsden@inecol.mx

Gándara Fierro Guillermo
Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM)
guillermo.gandara@itesm.mx

García de León Francisco Javier
Centro de Investigaciones Biológicas del Noreste, S.C. (CIBNOR)
fgarciadl@cibnor.mx

García Deras Gabriela Margarita
Universidad Carolina
derasg@hotmail.com

García Espinoza Fabián
Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN)
garcia-espinoza@hotmail.com

García Jiménez Jesús
Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria (ITCV)
jgarjim@yahoo.com.mx

García Martínez Oswaldo
Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN)
drogarcia@yahoo.com.mx

García Salas Juan Antonio
Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL)
juan_0305@hotmail.com

Garza de León Aldegundo
Museo de las Aves de México
vex1425@prodigy.net.mx

Garza Ocañas Fortunato
Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL)
fortunatofgo@hotmail.com

Gómez Crespo Rodríguez Javier Iván
Clúster de Energía Coahuila A.C.
jgomezc@clustercoahuila.org.mx

González Aldaco Silvia Xiomara
Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Urbano del Estado de Coahuila (SMADU)
silvia.gonzalez@sema.gob.mx

González González Arturo Homero
Museo del Desierto

Gonzalez Guajardo Daniel Federico
Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Urbano del Estado de Coahuila (SMADU)
danielvscoa@yahoo.com.mx
daniel.gonzalez@sema.gob.mx

González Rojas José Ignacio
Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL)
jose.gonzalezr@uanl.mx

González Ruiz Noé
Universidad Autónoma Metropolitana (UAM-Iztapalapa)
noegr@xanum.uam.mx

González Valdés Raúl Xavier
Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA)
rxgonzalez@profepa.gob.mx
raulxavierg@yahoo.com.mx

Guerrero Madriles Mario Alberto
Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP)
mario.guerrero@conanp.gob.mx

Guerrero Salcedo José Luis
Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Urbano del Estado de Coahuila (SMADU)
jorge.guerrero@sema.gob.mx

Gutiérrez Villagomez José Guadalupe
Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)
jose.gutierrez@semarnat.gob.mx

Heinrichs Loera Tomás Samuel
Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA)
theinrichs@profepa.gob.mx

Heredia Pineda Feliciano Javier
Servicios Técnicos Forestales y de Medio Ambiente
feliciano@hotmail.com

Hernández Javalera Iliana Isabel
Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN)
iihernan.javalera@gmail.com

Hernández Rodríguez Sergio
Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN)
sergiohr39@hotmail.com

Hernández Rojas Pedro
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)
hernandez.pedro©inifap.gob.mx

Hurtado Reyes Jesús Salvador
Servicio Nacional de Sanidad e Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA)
jesus.hurtado@senasica.gob.mx

Ibáñez Bernal Sergio
Instituto de Ecología A.C. (INECOL)
sergio.ibanez@inecol.edu.mx

Ibarra Flores Juan Carlos
Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP)

Jiménez González Gerardo
Biodesert, A.C.
gerardo9_jimenez@yahoo.com.mx

Johansen Naime Roberto Miguel
Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)

Lazcano Villarreal David
Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL)
imantodes52@hotmail.com

Lemos-Espinal Julio Alberto
Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)
lemos@unam.mx, lemosj44@yahoo.com.mx

León Paniagua Livia Socorro
Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) llp@ciencias.unam.mx

López de Aquino Samuel
Museo de las Aves de México
lopez_samuel@hotmail.com

Lot Helgueras Antonio
Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)
loth@ib.unam.mx

Lozano Cavazos Eloy Alejandro
Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN)
alejandrolzn@yahoo.com

Luna Canales Armando
Cámara de Diputados

March Mifsut Ignacio José
Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP)
ignacio.march@conanp.gob.mx

Marines Gómez Sergio Carlos
Protección de la Fauna Mexicana, A.C. (PROFAUNA)
marines@profauna.org.mx

Marmolejo Monciváis José Guadalupe
Universidad Autonónoma de Nuevo León (UANL)

Meave del Castillo Jorge Arturo
Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)
jorge.meave@ciencias.unam.mx

Medellín Legorreta Rodrigo Antonio
Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)
medellin@iecologia.unam.mx
Mendoza Hernández Juana María

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN)
juana.mendoza@uaaan.mx

Milchorena Montes Olivia Carmina
Universidad Autónoma de Coahuila (UAdeC)
jmarmole@gmail.com

Moderow Edward Robert
Comision de Calidad Ambiental de Texas (TCEQ)
eddie.moderow@tceq.texas.gov

Mora Olivo Arturo
Universidad Autónoma de Tamaulipas (UAT)
amorao@uat.edu.mx

Morán Rosales Francisca Isabel
Victoria Regina Gestión y Consultoria Ambiental S.C.
victoriaregina2690@gmail.com

Moreno Talamantes Antonio
Clúster de Energía Coahuila, A.C.
amoreno@clustercoahuila.org.mx

Muller Rodríguez Federico Ricardo
Universidad Autónoma de Coahuila (UAdeC)
ricardomuller@uadec.edu.mx

Nájera Cordero Karla Carolina
Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)
knajera@conabio.gob.mx

Natividad Beltrán del Río Luis Alfonso
Secretaría de Desarrollo Rural del Gobierno del Estado de Coahuila (SEDER)

Navarro Sigüenza Adolfo Gerardo
Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)
adolfon@ciencias.unam.mx

Niemeyer Acosta Stephen Michael
Comision de Calidad Ambiental de Texas (TCEQ)
steve.niemeyer@tceq.texas.gov

Ochoa Cortés Arnoldo
Universidad Autónoma de Coahuila (UAdeC)

Oliver López Luis
Investigador independiente

Olmedo Álvarez Gabriela
Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (CINVESTAV)

Ornelas García Claudia Patricia
Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)
patricia.ornelas.g@ib.unam.mx

Ortega Morales Aldo Iván
Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) Unidad Laguna
agrortega@hotmail.com

Ortiz Maciel Sonia Gabriela
Investigadora independiente
ara_militaris@hotmail.com

Padilla Gutiérrez José Manuel
Museo del Desierto
jmpadilla@museodeldesierto.org

Panjabi Arvind Orjan
Rocky Mountain Bird Observatory
arvind.panjabi@birdconservancy.org

Pisanty Baruch Irene
Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)
ipisanty@unam.mx

Ponce García Gustavo

Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL)

Ramírez Guillén Pedro Adolfo
Asesor independiente
pedroramirez59@gmail.com

Ramírez Pulido José
Universidad Autónoma Metropolitana (UAM-Iztapalapa)
jrp@xanum.uam.mx

Ramos Méndez Itzel
Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL)
itzani14@hotmail.com

Raymundo Ojeda Tania
Instituto Politécnico Nacional (IPN)
traymundoo@ipn.mx

Rebollar Téllez Eduardo Alfonso
Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL)
eduardo.rebollartl@uanl.edu.mx

Reyes Carrillo José Luis
Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) Unidad Laguna
jlreyes54@gmail.com

Reyes Valdés Manuel Humberto
Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN)
mhreyes@uaaan.mx

Rincón Sánchez Froylán
Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN)
frincons@prodigy.net.mx

Rioja Paradela Tamara Mila
Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (UNICACH)
tamararioja@gmail.com
tamara.rioja@unicach.mx

Ríos Muñoz César Antonio
Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)
rmunoz98@gmail.com

Rivera Sylva Héctor Eduardo
Museo del Desierto

Rodríguez Almaraz Gabino Adrián
Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL)
gabino.rodriguezal@uanl.edu.mx

Rodríguez Herrera Raúl
Universidad Autónoma de Coahuila (UAdeC)
rrh961@hotmail.com

Rodríguez Sánchez Mariana
Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)

Ruiz Torres Norma Angélica
Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN)
nruiz@uaaan.mx

Rumayor Rodríguez Olga Leticia
Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Urbano del Estado de Coahuila (SMADU)
olga.rumayor@sema.gob.mx

Ruvalcaba Ortega Irene
Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL)
irene.ruvalcabart@uanl.edu.mx

Salinas Sánchez José Luis

HerpoPro Proyección Herpetológica, A.C.
herp_pro@yahoo.com.mx

San Martín González Felipe Eduardo
Instituto de Ecología Aplicada, Universidad Autónoma de Tamaulipas (UAT)
doctor.sanmartin@gmail.com

Sánchez Peña Sergio René
Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) Unidad Laguna
sanchezcheco@gmail.com

Santos Magalhaes Isabel
University of Roehampton
ismagalhaes@hotmail.com

Scott Morales Laura Magdalena
Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL)
laura.scottmr@uanl.edu.mx

Sifuentes Lugo Carlos Alberto
Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP)
casifuentes@conanp.gob.mx

Sotelo Gallardo Hugo
CEMEX, S.A.B. de C.V

Souza Saldívar Valeria
Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)
souza@unam.mx

Stinnesbeck Wolfgang
Universitat Heidelberg

Talamás Santos Diana Melisa
Clúster de Energía Coahuila, A.C.
dtalamas@clustercoahuila.org.mx

Terry Carrillo Ernesto Alfonso
Universidad Autónoma de Coahuila (UAdeC)
etercar59@hotmail.com

Toro Torres Rafael Diego
Universidad Autónoma de Coahuila (UAdeC)

Valdés Dávila Carlos Manuel
Universidad Autónoma de Coahuila (UAdeC)
camaval@hotmail.com

Valdés Perezgasga Francisco
Instituto Tecnológico de La Laguna (ITL)
fvaldesp@gmail.com

Valdés Perezgasga Ma. Teresa
Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN)

Valdés Reyna Jesús
Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN)
jvaldes@uaaan.mx

Valdés Villarreal Miranda Porfirio Javier
Universidad Tecnológica del Norte de Coahuila (UTNC)

Valencia Castro Celso Manuel
Universidad Autónoma de Coahuila (UAdeC)

Valenzuela Ceballos Sara Isabel
Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED)
valenzuela.c.sara@gmail.com

Valenzuela Garza Ricardo
Instituto Politécnico Nacional (IPN)
rvalenzg@ipn.mx

Vega de la Peña Alfio
Independiente

Velázquez Pérez Adín Helber

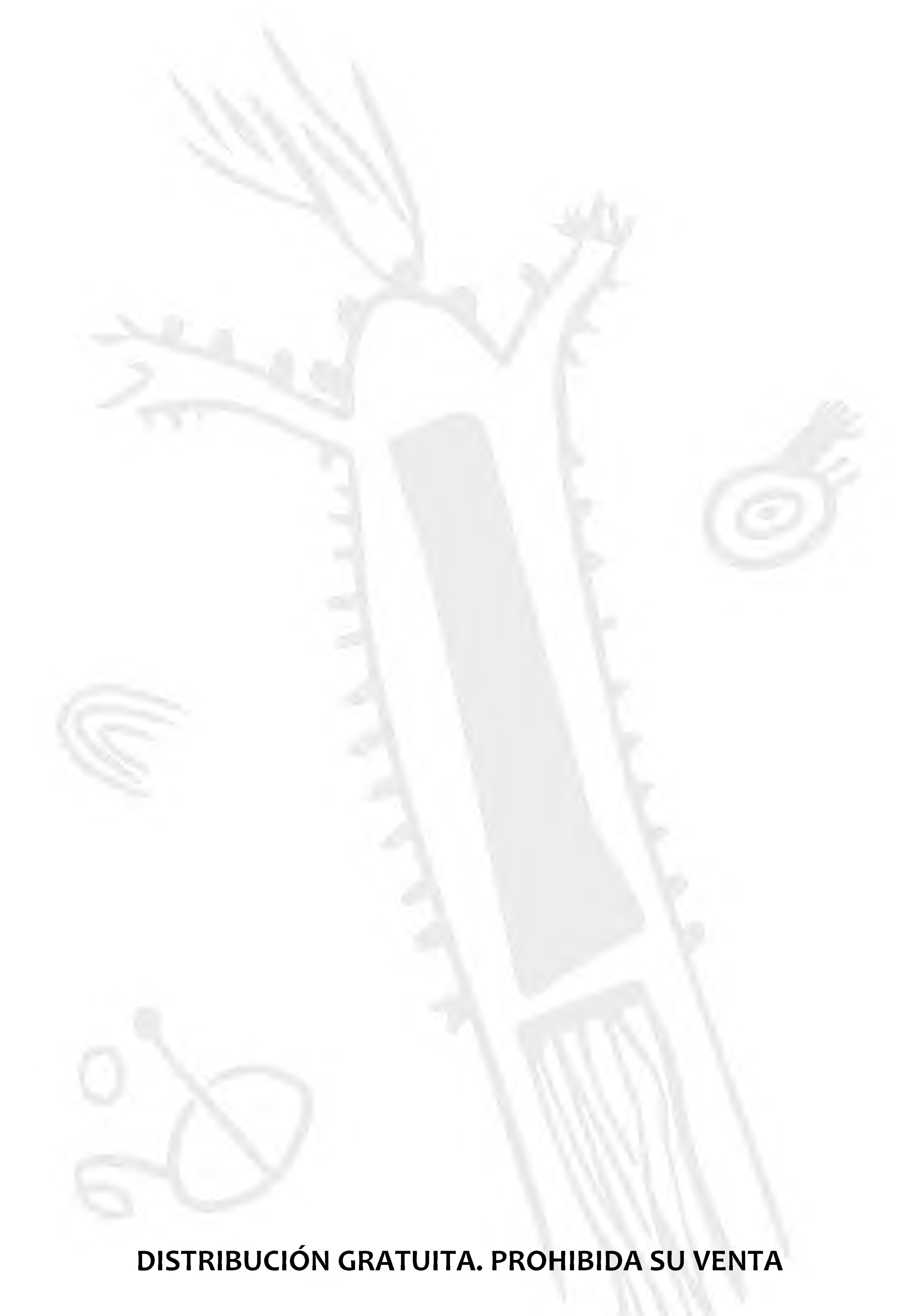
Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Urbano del Estado de Coahuila (SMADU)
adinhelber@gmail.com

Villarreal Quintanilla José Angel
Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN)

Villavicencio Gutiérrez Eulalia Edith
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)

Wong Flores Víctor Hugo
Comision de Calidad Ambiental de Texas (TCEQ)
victor.wong@tceq.texas.gov

Woolrich Piña Guillermo Alfonso
Instituto Tecnológico Superior de Zacapoaxtla (ITSZ)
gwoolrich@live.itsz.edu.mx



Compilación de las secciones:

Contexto físico:
Silvia Xiomara González Aldaco[1]

Contexto socioeconómico:
Olivia Carmina Milchorena Montes[2]

Marco jurídico e institucional:
María Teresa Cepeda Valdés[1]

Instrumentos y políticas públicas:
Alejandra Carrera Máynez[1]

Usos tradicionales y convencionales:
Olga Leticia Rumayor Rodríguez[1]
Adriana Antonio Bautista[3]

Oportunidades y Factores de presión:
Francisco Valdés Perezgasga[4]
Sandra Lizeth Salazar Puente[5]

Diversidad del pasado:
Francisca Isabel Morán Rosales[6]
Héctor Rivera Sylva[11]

Diversidad de ecosistemas:
Jesús Valdés Reyna[7]
Juan Antonio Encina Domínguez[8]

Diversidad de especies:
Hongos y plantas
Jesús Valdés Reyna[7]
Juan Antonio Encina Domínguez[8]

Invertebrados
Ma. Teresa Valdés Perezgasga[9]
Fabián García Espinoza[9]

Vertebrados
José Gamaliel Castañeda Gaytán[10]
Sara Isabel Valenzuela Ceballos[10]

Diversidad genética:
Manuel Humberto Reyes Valdés[7]
Hermila Gaona Osuna[7]

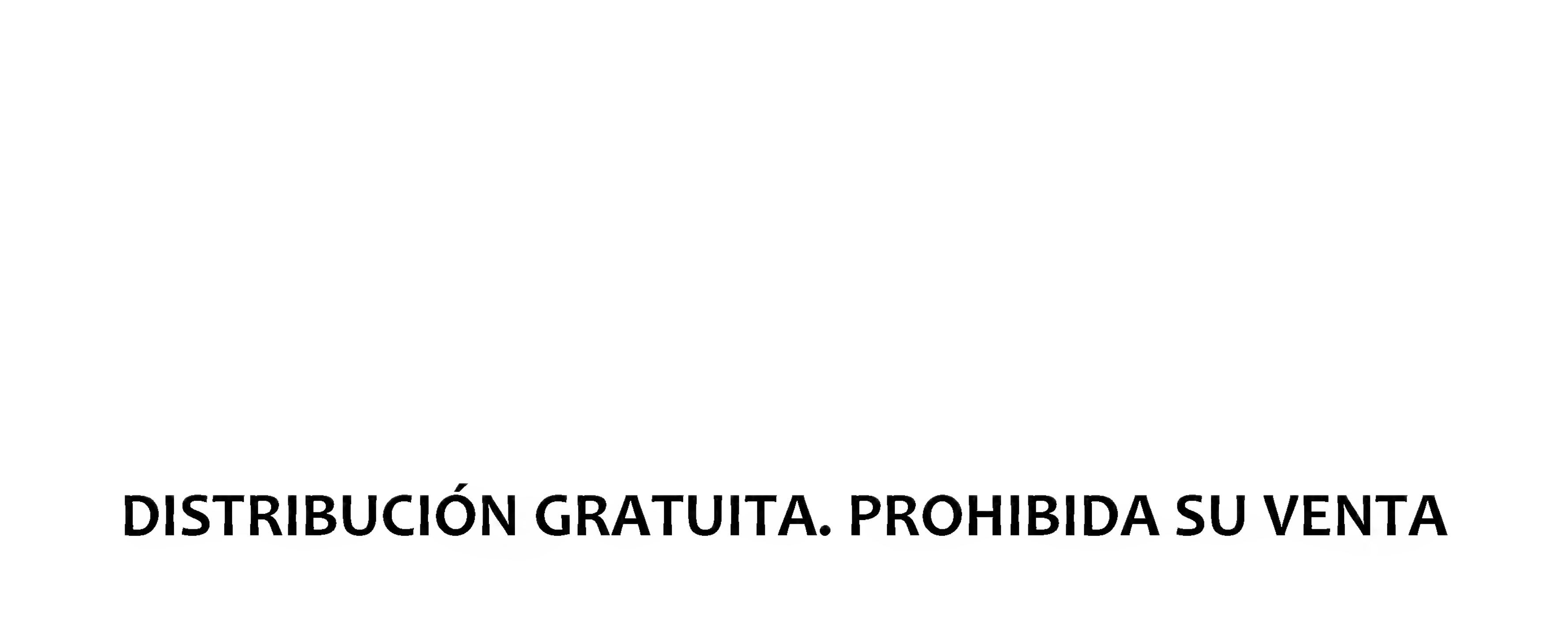
Revisión técnica de textos:
Sara González, Yajaira García, Oscar Báez, Rafael Pompa, Saúl López, Ana Laura García, Inti Burgos, Ramón Cecaira, Esteban Benítez Inzunza, Gonzalo Pino, Karla C. Nájera Cordero.

Listas de especies:
Fueron validados a través de la plataforma Enciclovida; para obtener más información de cada especie, consultar *http://www.enciclovida.mx/*

[1]SMADU, Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Urbano del Estado de Coahuila de Zaragoza; [2]Facultad de Economía-Universidad Autónoma de Coahuila; [3]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias; [4]Instituto Tecnológico de la Laguna; [5]Fundación Jimulco A.C.; [6]Victoria Regina Gestión y Consultoría Ambiental S.C.; [7]UAAAN, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro; [8]Facultad de Ciencias Forestales-UANL; [9]UAAAN-Unidad Laguna; [10]Universidad Juárez de Durango; [11]Museo del Desierto.

Forma de citar:
Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) y Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza. 2018. *La biodiversidad en Coahuila. Estudio de Estado*. CONABIO/Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza, México.

Se terminó de imprimir en abril de 2018
en Quintanilla Ediciones
Noruega 266, Residencial Los Parques. Saltillo, Coahuila
Se imprimieron 1 000 ejemplares
Familias tipográficas Optima y Gandhi Serif


DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA







CONABIO
COMISIÓN NACIONAL PARA EL
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD

Gobierno de
Coahuila